NEDL
ARCHIVAL
CENTER

Shelf No
5503.70

FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D.
1630.
CIVIBUS REIPUBLICÆ DONATA A.D. 1852.
BOSTON PUBLIC LIBRARY

SAPR 28
D AUG 15
MAY 10

Med 8

5803.70

Über die

Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen.

Von

Dr. H. P. Bowditch.

(Abdruck aus den Berichten der mathem.-phys. Classe der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1871.)

From 5790.52
210,738
Feb. 10, 1877

8

5803.70

Über die

Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen.

Public Library
—of the—
City of Boston.

Von

Dr. H. P. Bowditch.

Das ausgeschnittene Froschherz, welches mit Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung zu füllen und mittelst des Manometers auf die Zahl und den Umfang seiner Schläge zu prüfen war, erschien mir sehr geeignet zum Studium der Bedingungen, unter welchen sich die reizbaren und reizenden Stücke des Herzens ermüden und wieder erholen. Während der Ausführung dieses Vorhabens zeigte es sich jedoch bald, dass wenn für die Erfüllung meiner ursprünglichen Absicht eine Hoffnung vorhanden sei, diese sich erst dann verwirklichen könne, wenn die Eigenthümlichkeiten des ermüdenden und sich erholenden Herzmuskels genauer erkannt seien. Auf die Lösung dieser beschränkten Aufgabe, bei welcher mir die gütige Unterstützung des Herrn Prof. *C. Ludwig* zu Theil geworden, war demnach zunächst meine Aufmerksamkeit gerichtet.

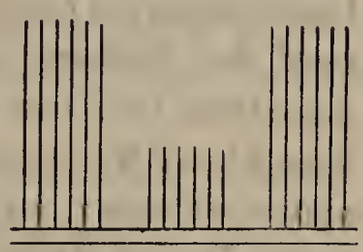
Das zu meinen Versuchen nöthige Praeparat verschaffte ich mir dadurch, dass ich von dem Vorhof des ausgeschnittenen Froschherzens aus eine Glascanüle in die Höhle des Ventrikels schob und etwa an der Grenze seines obern Drittels die Wand desselben auf dem Röhrchen festband. Auf diese Weise waren die Muskeln der untern zwei Drittel der Kammer, die ich kurzweg die Herzspitze nennen will, aus ihrem lebendigen Zusammenhang mit dem Vorhof und mit dem an die Atrioventricularfurche grenzenden Ring des Ventrikels gelöst, und darum, wie bekannt, der Herrschaft der innern Herz-Reize entzogen. Weil aber der Hohlraum des restirenden Ventrikelstückes von der Canüle aus mit Flüssigkeit zu erfüllen und mit dem Manometer

in Verbindung zu setzen war, so konnte der Umfang seiner Contraction auf dieselbe Weise, wie am unversehrten Herzen durch die Flüssigkeitsmenge gemessen werden, welche dieselbe in das Manometer überführte. Indem man von den grossen Vorzügen Gebrauch macht, die diese empfindliche Bestimmungsweise der Zuckung gewährt, darf man nicht vergessen, dass sie auch an Mängeln leidet und nicht frei von besondern Schwierigkeiten ist. Ihr erster Mangel liegt darin, dass uns über das Verhältniss, in welchem die lineare Verkürzung der Muskeln zu dem Volum der ausgeworfenen Flüssigkeit steht nichts anderes bekannt ist, als dass den Regeln der Cubizirung gemäss, die Curve der ausgetriebenen Volumina aufgetragen auf die Abscisse der zunehmenden Verkürzung der Muskelfasern ihre Concavität gegen die Abscisse wendet.

Bei diesem Stand unserer Einsicht sind wir gezwungen, alle Zuckungen der Herzspitze, welche wir bezüglich ihres Umfanges vergleichen wollen, von genau derselben Füllung ihrer Höhle ausgehn zu lassen, weil nur unter dieser Voraussetzung der höhere Manometerstand das Uebergewicht der ihn erzeugenden Zuckung beweist.

Einen anderen Uebelstand führt das Manometer dadurch ein, dass sich mit der fortschreitenden Zuckung und dem hiervon abhängigen Ansteigen der Flüssigkeit im Manometerschenkel das vom Herzen zu hebende Gewicht ändert; somit ist die Ausführung aller Versuchsreihen ausgeschlossen, für welche die Unveränderlichkeit des Gewichtes eine Nothwendigkeit ist. Wie gross der Einfluss des letztern auf den Umfang der Herzzuckung ist, geht daraus hervor, dass dasselbe Praeparat, trotzdem dass es auf denselben Füllungsgrad gebracht und auf vollkommen gleiche Weise gereizt ward, doch ganz ungleiche Volumina auswarf, wenn sich das specifische Gewicht der Flüssigkeit änderte mit welcher das Manometer gefüllt war.

Fig. 1.



Wasser- Quecks.-Wasser.-Man.

In der nebenstehenden Copie der vom Praeparate gelieferten Zeichnungen ist die Excursion im Wassermanometer (= 17 M. M.) mehr als doppelt so gross, wie die in dem Quecksilbermanometer (= 7 M. M.) und dieses offenbar nur desshalb, weil der Druckzuwachs, den im letz-

tern Falle die über die Gleichgewichtslage emporgehobene Quecksilbersäule hervorbringt, mehr als zehnfach so gross ist, (=2×7×13,6) wie der im Wassermanometer vorhandene. Da der vorstehende Versuch zeigt, dass die Schwierigkeiten nicht unüberwindlich sind, welche der Anwendung des registrirenden Wassermanometers von etwa 2 M. M. lichten Durchmessers entgegenstehn, und da die Drücke, welche er mit sich bringt, gegen die Herzkräfte schwerlich in Betracht kommen, so würden allerdings durch seinen Gebrauch die Mängel beseitigt sein, welche dem Quecksilbermanometer anhaften. Wenn ich trotzdem dem letztern den Vorzug gab, so geschah es, weil er leichter zu handhaben ist, und weil es in den folgenden Versuchsreihen nicht darauf ankam die Abhängigkeit der Hubhöhe von dem getragenen Gewichte zu ermitteln.

Da meine Versuche die Aenderungen in der Reizbarkeit der Herzmuskeln darlegen sollten, welche in Folge der ausgeführten Zuckungen selbst herbeigeführt waren, so war es geboten der Herzspitze leicht abstufbare Reize in beliebigen aber regelmässigen Zeitabständen zuzuführen. Hiezu diente mir ein Apparat, der nach dem Muster desjenigen gebaut war, welchen *H. Kronecker* zusammengestellt und so erfolgreich verwendet hat. Nach allem diesen musste also meine Instrumentalhilfe aus folgenden Stücken bestehen:

1. Aus einem registrirenden Manometer, der mit leichtflüssiger Dinte (Lösung von Anilinblau) seine veränderlichen Stände auf
2. das Papier einer rotirenden Trommel schrieb. Zur leichtern Uebersicht der Beobachtungen und zur Ersparniss des Papiers hielt den Windflügel des Uhrwerks nach jeder halben Umdrehung ein Electromagnet fest, so dass die Trommel während der Zuckung selbst feststand, aber nach Vollendung derselben um etwa 2 M. M. weiter rückte.
3. Eine kleine *Mariotte*'sche Flasche, welche die Füllung der Herzspitze während der Dauer des Versuchs unveränderlich erhielt. In das Rohr, welches den Hohlraum der Flasche mit dem der Herzspitze verband, war
4. ein Glashahn eingeschaltet der mit Hilfe eines Electromagneten während der Zuckung geschlossen und dann wieder geöffnet wurde.
5. Unpolarisirbare Electroden, die aus einem

6. Schlittenapparate nur die Oeffnungsschläge [1]) zum Ventrikel führten.
7. Ein Zahnrad auf einem Uhrwerk, das den electrischen Strom, der durch die primäre Spirale des Inductors ging in regelmässigen aber beliebig zu ändernden Intervallen unterbrach.
8. Ein Relais, um den Hauptstrom vom Contacte des Uhrwerks unabhängig zu machen.

Da die unter den ersten sechs Nummern aufgezählten Stücke, den electromagnetischen Hahn ausgenommen, schon in diesen Berichten beschrieben sind, so kann ich mich darauf beschränken die Anordnung, die ich demselben für meine Zwecke gegeben durch die Holzschnitte (II, III, IV) und eine kurze Erklärung zu verdeutlichen.

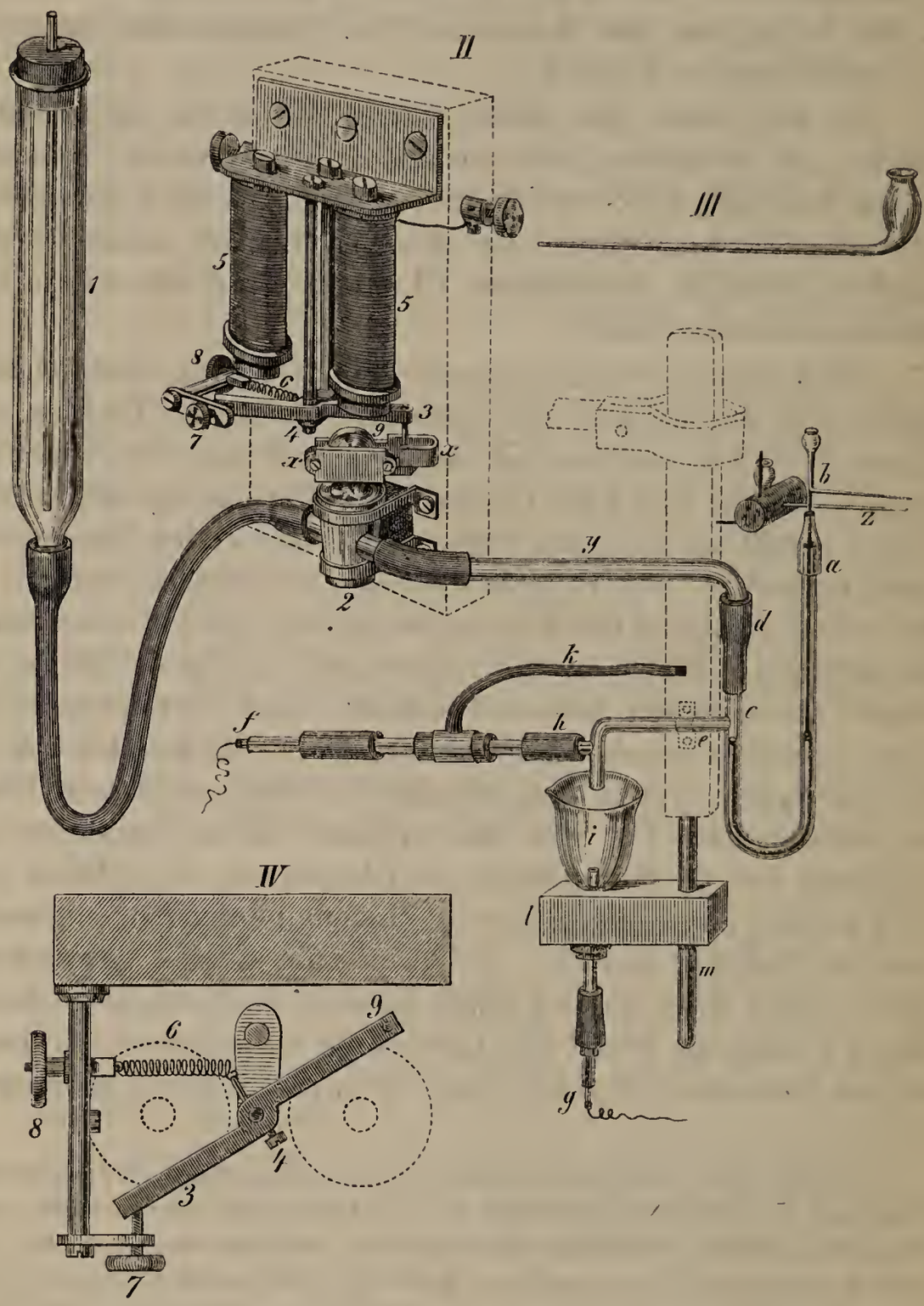
Das bekannte Froschmanometer (Fig. II) trug an seinem freien Ende *a* eine durchbohrte Glaskappe zur Führung des leichten, aus feinem Stroh hergestellten Schwimmers; auf das obere Ende des letztern war die sehr feine Glasfeder *b* aufgelackt, die mit Anilinlösung gefüllt auf das glatte Papier der Trommel den Manometerstand registrirte. Fig. III giebt die Feder in natürlicher Grösse. — Der zweite Schenkel des Manometers öffnete sich bei *c* und bei *d*. Die Oeffnung *c* führte in das rechtwinklig gebogene Rohr *e*, an dessen absteigenden Schenkel mittelst eines Gummirohres die Canüle gesteckt wurde die in den Ventrikel eingebunden war. — Die Electroden, welche den Inductionsschlag zum Herzen führten mündeten bei *f* u. *g* in den Apparat; diese bestanden der Vorschrift von *du Bois* gemäss aus Glasröhren, in welchen von einer Lösung aus schwefelsaurem Zinkoxyd umgeben ein amalgamirter Zinkstab steckte. An ihren zum Herzen gewendeten Enden waren die Röhrchen durch einen in halbprozentige NaCl-lösung getauchten Pfropf von Baumwolle verschlossen, an ihrem andern Ende dagegen durch eine auf den Zinkstab gebundene

---

1) Anfänglich wendete ich die bequeme Einrichtung von *Pflüger* zum Abblenden der Schliessungsschläge an. Im Verlauf der Versuche aber fand sich, dass dieses Verfahren bei meinem mittelgrossen Inductor von 10500 Windungen auf der secundären Rolle nicht mehr anwendbar war, wenn die secundäre nahezu über die primäre Rolle geschoben ist. Bei dieser Stellung der letztern inducirt der Anker, wenn er an die Magnete herangezogen wird durch Verstärkung ihres Magnetismus einen Strom, der selbst eine Zuckung auszulösen vermag. Bei starken Strömen musste mir desshalb das Uhrwerk, welches die Trommel trieb die Nebenschliessung besorgen.

Kautschukröhre. Die Electrode *f* stand mit dem flüssigen Inhalt der Herzspitze durch das Röhrchen *h* in Verbindung das an den absteigenden Schenkel des rechtwinkligen Rohres angeblasen

Fig. II. III. IV.



war. Die Electrode *g* lief in das Glasglöckchen *i* aus; dieses letztere war während des Versuchs soweit mit Serum gefüllt, dass dasselbe bis zu dem kleinen Schnabel am obern Rande des

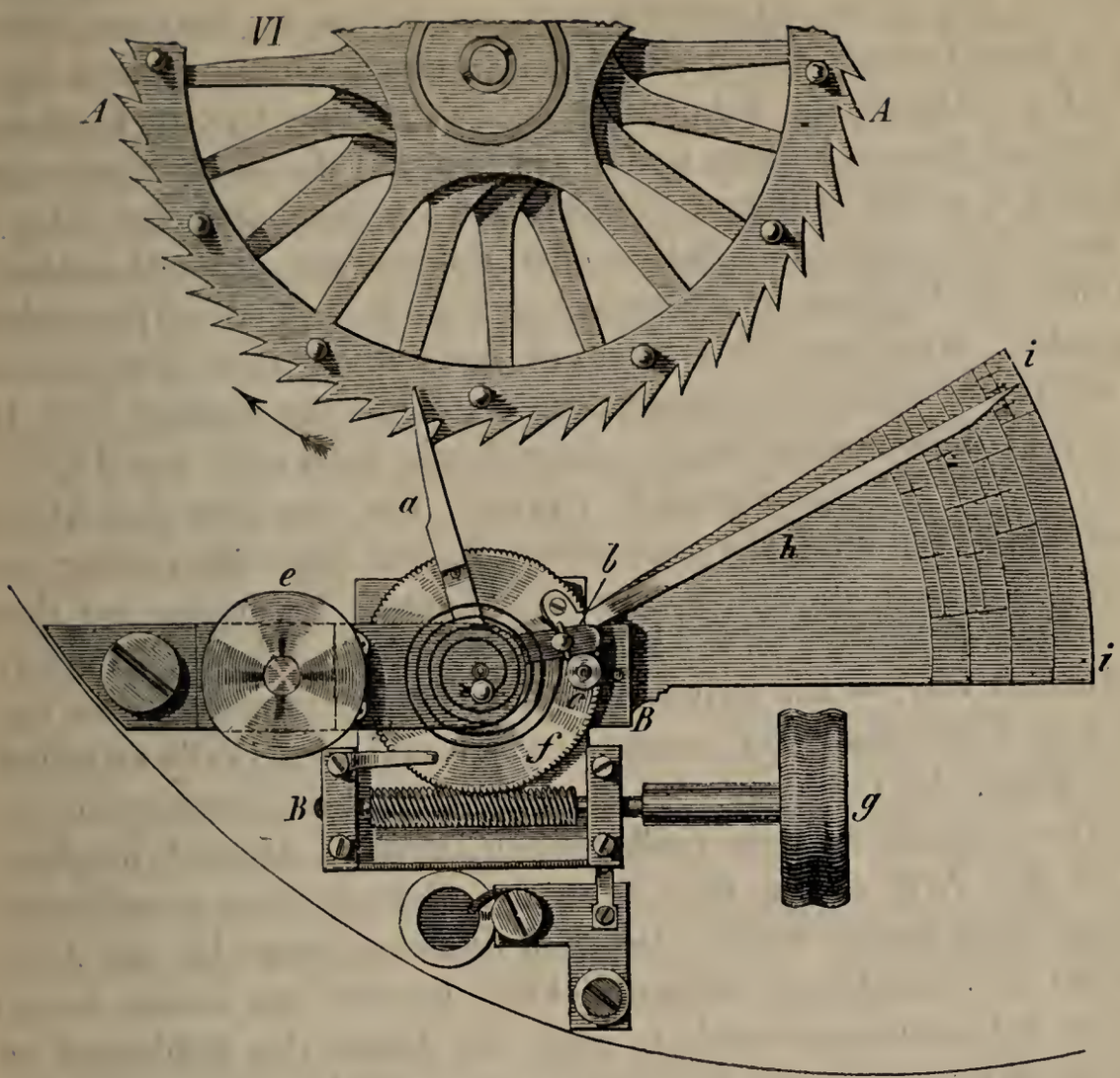
Glöckchens reichte. Hierdurch war es möglich, den Spiegel des Serums immer auf gleicher Höhe zu halten, da jeder durch die Herzwand filtrirte Tropfen durch den Schnabel ablief. Die Electrode *f* wurde in ihrer Lage durch den Draht *k* erhalten; das Glöckchen *i* ruhte auf dem durchbohrten Korkprisma *l*, welches in einer zweiten Durchbohrung auf dem Stabe *m* verschiebbar war. Die Abtheilung des Apparates, welche den Ventrikel vor dem Beginn seiner Zusammenziehung auf einen immer gleichen Füllungsgrad bringen sollte, bestand zunächst aus der kleinen *Mariotte*'schen Flasche 1, welche mit Hilfe eines in der Zeichnung nicht wieder gegebenen Halters auf die gewünschte Höhe gebracht werden konnte; das untere Ende der Flasche stand durch ein Kautschukrohr mit dem Glashahne 2 in Verbindung, der mit Hilfe einer kleinen Spiralfeder und eines Electromagneten geöffnet und geschlossen werden konnte. Die Zeit, in der das eine und das andere geschah war so gewählt, dass die Druckflasche von dem Ventrikel abgeschlossen war, wenn sich der letztere zusammenzog, dass dagegen zwischen beiden die freie Communication bestand wenn der Ventrikel schlaff geworden. Die hiezu nöthige Führung des Hahnkegels ward durch den Anker 3 bewirkt der in Fig. II in der Seitenansicht, in Fig. IV in der Flächenansicht gezeichnet ist. Dieser stabförmige Anker 3 drehte sich in einer horizontalen Ebene um die senkrechte Achse 4. War der Magnetismus in den Eisenkernen 5.5. entwickelt, so legte er sich parallel der Linie, welche die Mittelpunkte der Basen beider Eisenkerne mit einander verband. War dagegen der Magnetismus in den letztern verschwunden, so wurde der Stab 3 durch die Spiralfeder 6 (Fig. IV) in die Lage gezogen die er in dieser Figur einnimmt. Die Excursion, welche der Stab durch den Zug der Feder erreichen konnte, war begrenzt durch die Schraube 7, die in einem kleinen Querbalken einer Messingsäule lief, an welcher auch die Schraube 8 sass (Fig. IV), die zur Spannung der Spiralfeder diente. Die Bewegung, welche der Anker 3 ausführte übertrug er mittelst eines kurzen Zapfens 9 auf die Klammer *x*, welche den Conus des Glashahns 2 umgriff. Der Zapfen 9 hatte in der Klammer *x* selbstverständlich einen Spielraum für seine Bewegungen, den man in Fig. II erkennt. Jenseits des Hahnes setzte sich ein Röhrchen *y* fort, welches nach rechtwinkliger Biegung in die Mündung *d* des zweiten Manometerrohres auslief.

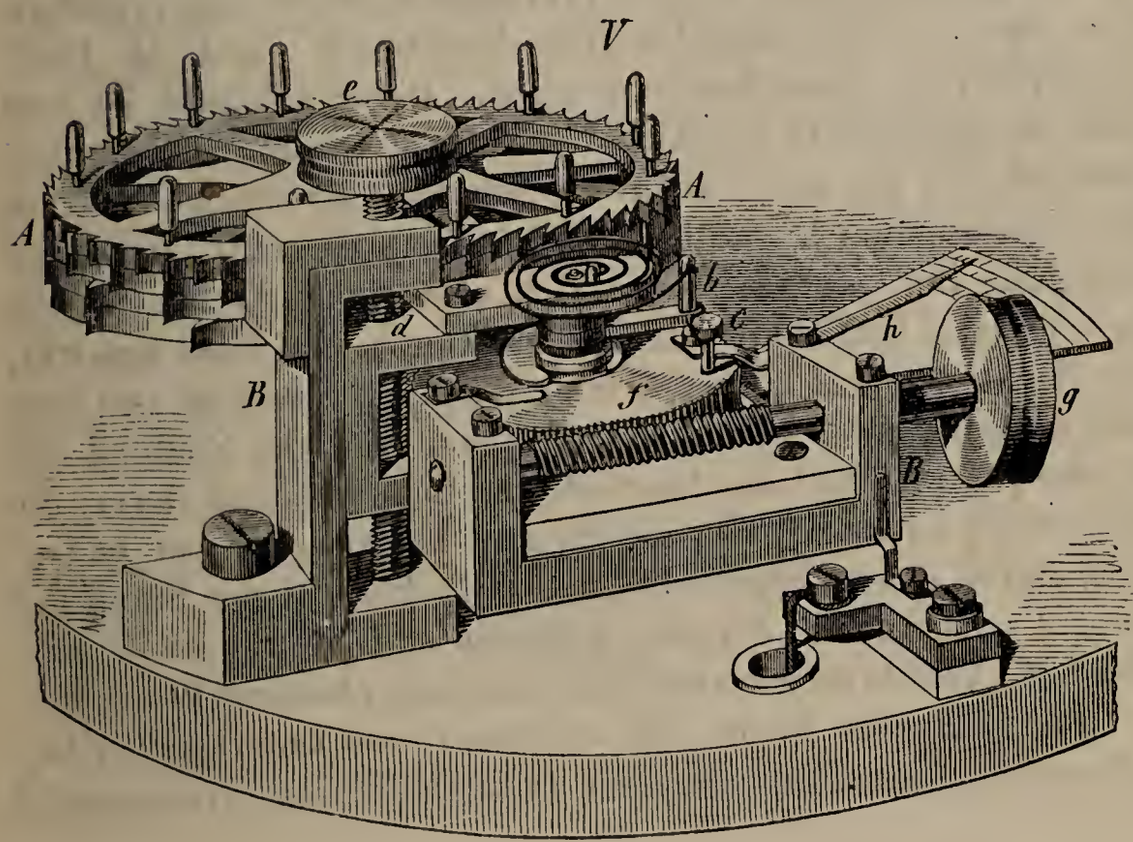
Zum Markiren der Gleichgewichtslage des Quecksilbers im

Manometer diente die Glasfeder *z*, welche mit einem Korke an den Träger des Manometers befestigt war. Da sie vor dem Anstecken des Ventrikels auf die Höhe gebracht wurde, welche die auf dem Quecksilber schwimmende Feder bei der Gleichgewichtslage desselben eingenommen hatte und da sie während des ganzen Trommelumgangs diese Lage behauptete, so konnte man an jeder beliebigen Stelle der Herzcurve die Höhe finden, um welche sich diese über die Gleichgewichtslage des Quecksilbers erhoben hatte.

Das unter 7 meines Instrumentalverzeichnisses aufgezählte Unterbrechungsrad war durch ein gewöhnliches, mit einem Centrifugalpendel versehenes Uhrwerk getrieben. Der Unterbrecher sollte in regelmässig wiederkehrenden Intervallen einen electrischen Strom öffnen und schliessen und zwar sollte man nach Belieben unter den Zeiträumen von 1. 2. 3. 4. 5. 10. 15. 20. 30. 60 Secd. wählen können. Ausserdem aber wünschte man den Strom nach seiner Schliessung entweder alsbald wieder geöffnet zu sehn, oder ihn während eines längern Zeitabschnittes geschlossen zu halten. Der Unterbrecher, der dieses leistete war von dem Herrn Uhrmacher *B. Zachariae* in Leipzig construirt und ausgeführt; er bestand aus einem von dem Uhrwerk geführten Rad, an dessen Rand mehrfache Reihen von Zähnen ausgeschnitten waren, und aus einem verstellbaren Winkelhebel, von dessen Armen der eine am Zahnrad ging, während der andere gegen einen Platinknopf den Contact bewirken konnte. Siehe die Fig. V u. VI. — Die genauere Beschreibung des Apparates mag mit der des Winkelhebels beginnen; seine beiden unter einem spitzen Winkel geneigten Arme *a* u. *b* (Fig. VI in d. Aufsicht) sind um eine senkrechte Achse drehbar. Der Arm *a* war nach dem Zahnrade *A* hingekehrt, auf dessen Rand er schleifen konnte, der Arm *b* war mit einer Spiralfeder verknüpft, die ihn an das Knöpfchen *c* drückte, vorausgesetzt dass der Arm *b* nicht durch eine grössere Gewalt festgehalten wurde. Da der eine Pol der Batterie in dem Knöpfchen *c* der andere in dem Hebelarm *b* endete, so war der Schluss des Stromes von der Berührung beider abhängig. So lange also ein Zahn des Rades *A* den Arm *a* vor sich her trieb, und in Folge dessen auch den Arm *b* nachzog war der Strom unterbrochen; wenn aber vor dem fortschreitenden Zahn der Arm *a* abglitt, so trieb die Spiralfeder den Arm *b* in entgegengesetzter Richtung bis zum Anschlagen an das Knöpf-

Fig. V. VI.





chen *c* zurück. — Um den Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden Stromschlüssen verändern zu können, sind auf dem Umfang des Rades *A* das in einer Minute einmal umläuft, 4 Reihen von Zähnen (zu 60, 30, 20 und 15 Stück) übereinander eingeschnitten und ausserdem auf die obere Fläche des Rades *A* zwölf Stiftchen eingesteckt. Je nachdem der Arm *a* einer der genannten Stift- oder Zahnreihen gegenüberstand, kehrte die Oeffnung des Stromes nach 1, 2, 3, 4 oder 5 Secunden wieder; wenn man das Intervall noch über diese Zeit hinaus verlängern wollte, so wurden aus der Reihe der Stifte 6, 8, 9, 10 oder 11 derselben entfernt, wodurch die Intervalle von 12, 15, 20, 30, 60 Secunden möglich wurden. Um nun aber den Arm *a* nach Belieben einer der genannten Reihen gegenüberstellen zu können sassen alle Stücke, die den Contact besorgten auf dem Schlitten *B*, der durch die Schraube *e* und die Führung *d* emporzuheben war. — Die Erfüllung der zweiten Forderung, eine beliebige Vertheilung der gesammten Zeit eines Intervalls zwischen die Dauer der Oeffnung und der Schliessung des Stromes zu bewirken, wurde an dem vorliegenden Apparate dadurch möglich, dass der Arm *a* von dem Zahn der ihn ergriffen verschieden lange festgehalten wurde. Geschah dieses so lange bis der Arm, wenn er abgeglitten, augenblicklich wieder von einem neuen Zahn aufgenommen ward, so sank die Dauer des Schlusses zu einem Minimum herab, während im andern Fall, wo der ergriffene Zahn auch wieder augenblicklich losgelassen ward die Oeffnungsdauer zu einem Minimum ward. Dieser Gedanke ist nun dadurch verwirklicht worden, dass die Vorrichtung zum Contact innerhalb des Schlittens *B* auf die Scheibe *f* gesetzt ist, die mit ihrem gezähnelten Rande in die Schraube *g* eingreift. Durch die Benutzung der letztern ändert sich also die Richtung, welche der Arm *a* zum Umfang des Rades *A* einnimmt, und diess bewirkt, dass der erstere auf kürzeren oder längeren Strecken von dem Zahn mitgenommen wird. Weil aber nur von der Stellung der Scheibe *f* der Antheil des Intervalls abhing, während deren die Schliessung oder Oeffnung des Stromes bestand, so war es bequem durch einen Zeiger *h* auf dem Zifferblatt *i i* den Stand des Armes *a* zu markiren, der einer bestimmten Oeffnungsdauer entsprach. So konnte sie jederzeit leicht und sicher hergestellt werden.

Der electrische Strom, für welchen dieser Unterbrecher bestimmt war, sollte den reizenden Inductionsstrom erzeugen und

ausserdem noch zwei Paar Eisenkerne, am Glashahn und am Windflügel des Trommelwerkes, magnetisiren. Da hiezu ein starker Strom aus mehreren Groves nöthig war, den man nicht durch den Contact des Unterbrechers leiten mochte, so stellte sich das Bedürfniss eines Relais heraus. Durch dieses war der Hauptstrom geschlossen, während der Strom des Relais durch den Unterbrecher geöffnet wurde; den letztern aber stellte ich in der Regel so, dass die Oeffnungsdauer 0.5 Sec. betrug. —

Der Aufstellung meines Apparates gemäss wurde, wenn der Hauptstrom geschlossen war, der Windflügel des Trommelwerkes losgelassen, der electromagnetische Hahn geöffnet und ein durch seine Abblendung unwirksam gemachter Schliessungsinductionsschlag erzeugt. Da, wie erwähnt, dieser Zeitraum etwa 0.5 Sec. dauerte, so genügte die Zeit, um den Herzinhalt auf den Druck der Füllungsflasche zu bringen und die Trommel eine Bewegung vollführen zu lassen, die zu einer Verschiebung des Papiers von etwa 1 bis 2 M. M. führte. Wenn dann der Hauptstrom sich öffnete, so ward der Windflügel festgehalten, der Hahn geschlossen, und ein Oeffnungsinductionsschlag durch das Herz geschickt, der wegen der langen latenten Reizung desselben eine Zuckung erst auslöste, nachdem schon der Hahn geschlossen war.

Zum Verständniss der Versuche und zur vollen Beurtheilung des Apparats dürften noch einige Bemerkungen dienen. Die Anwendung der Dinte erleichtert den Versuch ungemein und ihr Gebrauch führt zu der vollen Genauigkeit des Russes, wenn eine leicht fliessende Lösung auf glattes, englisches Papier schreibt. — Der Schlittenapparat, der im Gebrauche stand, war nach den Vorschriften von *A. Fick* [1]) graduirt. Die Angaben, über Reizstärken in der folgenden Abhandlung bezeichnen demnach nicht die Rollenabstände, sondern die Grösse der Inductionsintensität, wobei das Maximum der vom Apparate erreichbaren Stärke zu 1000 angenommen ist.

Die Schläge welche zur Herzspitze geleitet wurden fanden auf ihrem Wege die Wand des Ventrikels; sonach müssen die Reize jedenfalls auch die Muskeln und nicht bloss die Nerven getroffen haben. — Da die Electrode, welche in die Serumglocke

1) Unters. aus dem phys. Laborator. der Züricher Hochschule. Wien 1869. p. 38.

reichte senkrecht steht, so bedarf es besonderer Vorsicht, um die Ansammlung kleiner Luftbläschen unter dem Baumwollenpfropf zu vermeiden; ich halte es nicht für unnütz darauf hinzuweisen, dass ich auf diese Fehlerquelle aufmerksam war. Die Beschreibung meiner Versuche beginne ich mit dem Abschnitt

1, der über *das Zahlenverhältniss zwischen den Reizen und den Herzcontractionen* handelt. —

Wenn die Herzspitze in regelmässigen Intervallen von immer gleich starken Inductionsschlägen getroffen wird, so zieht sie sich entweder nach jedem derselben zusammen, oder die Zahl der Zuckungen ist kleiner oder grösser als die der Reize. Diese drei verschiedenen Arten des Vorkommens sollen bezeichnet werden mit den Namen der regelmässigen, der überzähligen und der aussetzenden Puls- oder Schlagfolge.

Die überzählige Pulsfolge trat in meinen Versuchen nur selten ein und meist nur dann, wenn der Ventrikel nicht tief genug abgebunden war. Da demnach dieser Fall für meine Versuchsreihe eigentlich nur als ein Fehler erscheint, so werde ich auf seine Betrachtung nicht weiter eingehen, womit selbstverständlich nicht gesagt sein soll, dass die überzählige Pulsfolge einer besondern Beachtung unwerth sei; ich glaube sogar, dass die Beziehungen zwischen ihr und den in dieser Abhandlung besprochenen Thatsachen sehr enge sind. — Wenn der Ventrikel tief genug abgebunden ist, so können die aussetzende und die regelmässige Pulsfolge nach Belieben erzeugt werden durch blosse Aenderungen in der Stärke oder Reihenfolge der Inductionsschläge.

Zuerst werde ich über die Abhängigkeit der Pulsfolge von der Stärke des Inductionsschlages sprechen. — Wenn man von niederen Werthen aus die Stärke der Inductionsschläge allmälig wachsen lässt, so erreicht man alsbald einen Punkt, bei welchem der Reiz eine Zuckung auslöst. Bleibt man bei dieser Stärke stehen und lässt nun in regelmässigen Intervallen die Inductionsstösse aufeinanderfolgen, so tritt nicht mit jedem derselben eine Zuckung ein, wodurch es geschieht dass die Zahl der Reize diejenige der Pulse um ein bedeutendes übertrifft. Lässt man dann aber die Stärke der Inductionsschläge weiter und weiter steigen, so mehrt sich die Zahl der Contractionen, ohne dass sie zunächst demjenigen der Reize gleich käme; allmälig aber gelangt man zu einem Werth derselben, bei welchem die Pulsfolge eine regel-

mässige d. h. also eine solche wird, in welcher auf jeden Reiz eine Zusammenziehung folgt. Zuweilen ereignete es sich auch, dass trotz einer grossen Intensität der Inductionsströme keine regelmässige Pulsfolge erzielt werden konnte, aber auch da, wo dieses eintrat näherte sich die Verhältnisszahl zwischen den Contractionen und den Reizen mit der wachsenden Stärke der letzteren mehr und mehr der Einheit. — Zum Beleg für die gemachten Mittheilungen gebe ich einige Beispiele.

Intervalle zwischen zwei Reizen = 6 Secunden.

Stärke der Reize	100.	105.	110.	120.	130.	140.
$\frac{\text{Zahl der Zuckungen}}{\text{Zahl der Reize}}$ =	0,0.	0,07.	0,10.	0,20.	0,66.	1,00.

Intervalle zwischen zwei Reizen = 4 Secunden.

Stärke der Reize	100.	110.	90.	80.	90.	110.	130.	150.
$\frac{\text{Zahl der Zuckungen}}{\text{Zahl der Reize}}$	0,94.	1,0.	0,17.	0,30.	0,88.	0,77.	0,82.	1,0.

Intervall zwischen zwei Reizen = 6 Secunden.

Stärke der Reize	200.	207.	215.	222.	230.	237.
$\frac{\text{Zahl der Zuckungen}}{\text{Zahl der Reize}}$	0,0.	0,07.	0,14.	0,24.	0,59.	0,87.

Die aussetzende Pulsfolge wird aber nicht allein durch die wachsende Intensität des Inductionsstromes, sie kann auch dadurch in eine regelmässige umgewandelt werden, dass bei unveränderter Stärke des Reizes das Intervall zwischen zweien derselben vergrössert wird. Als Beispiele für dieses nicht seltene Vorkommen mögen die beiden folgenden Versuche dienen, in welchen mit dem Intervall in auf- und absteigender Ordnung gewechselt ward.

Stärke des Reizes = 140.

Intervall in Secunden	4.	6.	4.
$\frac{\text{Zahl der Contract.}}{\text{Zahl der Reize}}$	0,58.	1,00.	0,57.

Stärke des Reizes = 150.

Intervall in Secunden	5.	10.	5.	4.	3.	4.	5.	10.
$\frac{\text{Zahl der Contr.}}{\text{Zahl der Reize}}$	0,74.	0,97.	0,87.	0,71.	0,73.	0,80.	0,95.	1,0.

Anstatt für eine gegebene Intensität des Inductionsstromes die Länge des Intervalls zu suchen, welche die regelmässige Pulsfolge hervorbringt, kann man auch umgekehrt vorgehn, das heisst man kann für verschieden lange Intervalle die Grenzen der Stromstärke ermitteln, bei welcher sich die Pulse eben noch regelmässig einstellen. Bei der Ausführung dieser Versuche sollte man nun erwarten, dass mit der wachsenden Länge des Intervalls die Intensität des Reizes merklich abnehmen könnte, bevor die regelmässige in eine aussetzende Pulsfolge umschlüge. Nun bemerkt man allerdings öfter, dass sich die Reize ihrer Stärke nach in dem bezeichneten Sinne ändern dürfen, aber selbst da, wo es erlaubt ist, darf es doch nur in sehr beschränkter Weise geschehen. Man wird demgemäss schliessen, dass grosse Unterschiede des Intervalls durch kleine der Reizstärken compensirt werden. — Einige Beispiele mögen zur Veranschaulichung des Gesagten dienen. Für das Verständniss derselben hat man zu beachten, dass bei den hinter der Rubrik »Reizstärke« aufgeführten Intensitäten des Inductionsstromes die Pulsfolge zur regelmässigen ward, vorausgesetzt dass die Inductionsschläge in den über ihnen stehenden Intervallen aufeinander folgten.

Intervall	10 Sec.	3 Sec.	4 Sec.	4 Sec.	3 Sec.
Reizstärke	42	43	41	45	46

und an einer andern Herzspitze

Intervall	3 Sec.	4 Sec.	3 Sec.	5 Sec.
Reizstärke	80	74	74	68

Sollte man sich auch durch diese und ähnliche Versuchsreihen nicht veranlasst finden, die oben ausgesprochene Vermuthung als eine begründete Thatsache zu betrachten, so würde man sich doch davor zu hüten haben, in der unvollkommenen Bestätigung eine Widerlegung zu sehn. In den Eigenschaften des Herzens selbst liegen nämlich Gründe, welche das Erbringen des Beweises sehr erschweren, ja oft unmöglich machen.

Dem Herzmuskel kommt nämlich die beachtenswerthe Eigenthümlichkeit zu, seine Empfänglichkeit für die Reize durch die Zuckungen, die er ausgeführt hat zu ändern und dieses sehr häufig dahin, dass nach einer längern Zuckungsreihe ein schwächerer Reiz, als vor derselben zur Auslösung einer regelmässigen Pulsfolge genügt.

Auf diesen Einfluss, den die vorhergehenden Zuckungen üben, wird man zunächst hingewiesen, wenn man denselben Reiz in demselben Intervall vielmals hintereinander anwendet. Geschieht dieses, so ereignet es sich oft, dass der Quotient aus der Zahl der Reize in die der Zuckungen allmälig an Grösse zunimmt, oder gar der Einheit gleich wird, so dass ein Reiz, dessen Stärke ursprünglich nicht genügte, um eine regelmässige Pulsfolge hervorzurufen, allmälig zur Erzeugung dieser letzteren ausreicht. Beispielsweise führe ich folgende Beobachtungen an: Als eine Herzspitze durch eine Intensität des Inductionsschlages von 52, in Intervallen von 6 Secunden 100 mal hintereinander gereizt wurde, zuckte dieselbe in Folge des 1. bis 10. Reizes 2mal, des 11. bis 20. R. 2mal, des 21. bis 30. R. 2mal, des 31. bis 40. R. 6mal, des 41. bis 50. R. 7mal, des 51. bis 60. R. 6mal, des 61. bis 70. R. 5mal, des 71. bis 80. R. 9mal, des 81. bis 90. R. 10mal, des 91. bis 100 R. 10mal. Somit war die Verhältnisszahl der Zuckungen durch den Reiz mit mancherlei Schwankungen von 0,2 auf 1,0 gestiegen.

In einem andern Falle, in welchem die Reizstärke ebenfalls 52 und das Intervall 6 Secunden betragen hatte, wuchs während einer Zahl von 40 Reizen für je 10 derselben die Verhältnisszahl von 0,2 auf 0,4, auf 0,8 und gelangte dann auf 1,0. Nicht minder deutlich prägt sich die wachsende Empfänglichkeit, welche die Herzspitze in Folge vieler unmittelbar hintereinander ausgeführter Zuckungen gewinnt dadurch aus, dass die zur Erzeugung einer regelmässigen Pulsfolge nöthige Intensität des Inductionsstromes abnehmen darf, wenn die Spitze im Verlaufe einer längeren Versuchsreihe schon zahlreiche Contractionen ausgeführt hat. Als Beispiele für dieses Verhalten mögen die folgenden Angaben dienen.

Intervall 5 Secunden.

Reizstärken	200.	300.	200.	150.	100.	110.	115.
$\frac{\text{Zahl der Zuckungen}}{\text{Zahl der Reize}}$	0,0.	1,0.	1,0.	1,0.	0,27.	0,8.	0,9.

Als darauf dieselbe Herzspitze in Intervallen von je 10 Sec. gereizt wurde, entsprachen sich die Reizstärken und das Verhältniss zwischen Reiz- und Zuckungszahlen in der Art, wie es die folgenden Zahlenreihen darlegen. In der obersten Reihe

stehen die Reizstärken und in der zweiten die entsprechenden Verhältnisszahlen. —

115.	90.	110.	115.	110.	105.	100.	90.	80.	70.	65.	70.	68.	66.	60.	55.	50.	46.	42.	38.	42.	40.	42.
1.0	0.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.9	0.2	0.7.

Beobachtungen wie die vorliegende sprechen ganz besonders dafür, dass die Empfänglichkeit der Herzspitze durch die ausgeführten Zuckungen gesteigert wird, da dieselbe Reizstärke wechselnd bald zu einer aussetzenden und bald zu einer regelmässigen Pulsfolge führt, je nachdem sie auf einen andern Reiz folgte, der entweder den ersten oder den zweiten der genannten Effecte hervorrief.

Obwohl der Leser aus den bis dahin gemachten Mittheilungen schon ersehen kann, dass in den aussetzenden Pulsreihen die Zuckungen, ohne einer bestimmten Regel zu folgen, erscheinen und ausbleiben, so halte ich es doch für nöthig, dieses Verhalten besonders zu betonen und es durch die Wiedergabe einiger autographirten Reihen zu veranschaulichen. —

Fig. VII.

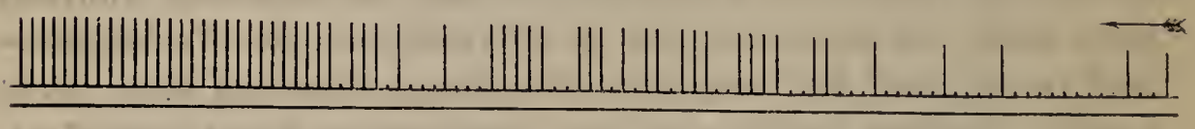
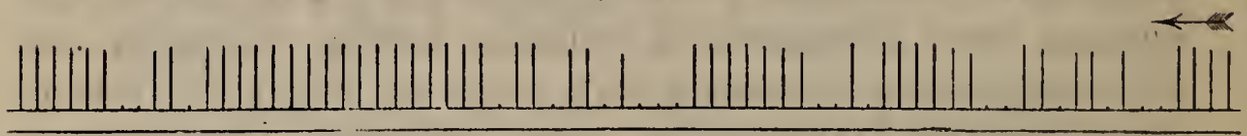


Fig. VIII.



Jeder Punkt markirt einen Inductionsschlag.

Nach der Betrachtung dieser Figuren wird man erkennen wie schwierig es ist, ihren Inhalt durch das Wort streng richtig und doch übersichtlich darzustellen und dass der von mir hiezu gewählte Ausweg eines Quotienten nur ein Nothbehelf ist, dessen Anwendung nur desshalb Entschuldigung findet, weil es durch ihn allein möglich war, eine Reihe sehr eigenthümlicher Thatsachen dem Verständniss näher zu bringen.

Wenn man die Höhen ins Auge fasst, zu welchen die zuckende Herzspitze das Quecksilber zu treiben vermag, so fällt sogleich auf, dass der hierdurch ausgesprochene Umfang der

Zuckung in gar keiner Abhängigkeit zu dem Modus ihrer Wiederkehr steht. Denn es kann in beiden Reihen, der aussetzenden und der regelmässigen die Zuckung ebensowohl gleich als ungleich gross sein, und wenn das letztere eintritt, so kann die Zuckung in der aussetzenden Reihe ebensowohl grösser oder kleiner als in der regelmässigen sein. Aus diesem Verhalten darf man schliessen, dass der Reiz, welcher eine aussetzende Reihe veranlasst an und für sich ausreichend sei um das Maximum der Zuckungen hervorzulocken, dessen der Herzmuskel überhaupt fähig ist. Da er dieses aber nicht jedesmal bewirken kann, so sind wir gezwungen, ihn im Gegensatz zu demjenigen, welcher das Letztere vermag mit einem besondern Namen zu belegen. Ich werde denjenigen Reiz, welcher jedesmal eine Zuckung veranlasst, so oft er eintrifft, den unfehlbaren nennen, während der andere, welcher die maximale Zuckung nur zeitweilig hervorruft der hinreichende Reiz heissen mag.

Wenn man nach dem Grunde sucht, wesshalb der hinreichende Reiz kein unfehlbarer ist, so tritt uns sogleich die negative Bestimmung entgegen, dass derselbe keinenfalls in einer Ermüdung der Muskelmasse gelegen sei. Wäre eine solche Ermüdung vorhanden, so würde es unerklärlich sein, warum die Zuckung, wenn sie in einer aussetzenden Reihe eintritt nicht kleiner als in der regelmässigen ist, und noch weniger würde es mit dieser Unterstellung vereinbar sein, dass die häufige Wiederholung desselben Reizes in denselben zeitlichen Abständen den anfänglich nur zureichenden in einen unfehlbaren Reiz verwandeln kann.

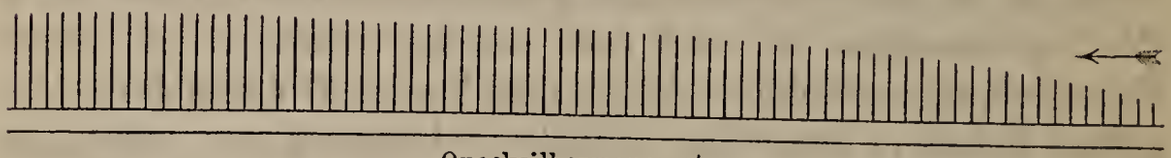
Sollte sich der Herzmuskel gegen die natürlichen Reize ähnlich verhalten wie gegen die Inductionsstösse, so würden wir damit einen neuen Grund für den aussetzenden Puls namentlich solcher Herzen gefunden haben, deren Hemmungsnerven ausser Wirksamkeit gesetzt sind. Wenn ich gegenwärtig noch Anstand nehme, die Erscheinungen welche die Herzspitze zeigt auf das unversehrte Herz zu übertragen, so liegt der Grund meines Bedenkens in der Anwesenheit der Ligatur die um das Muskelfleisch zur Befestigung der Canüle gelegt werden musste. Warum sollte diese Unterbindung des Ventrikels nicht ähnlich wie die des Vorhofs wirken? und wäre dieses der Fall, so würde mit ihr ein Hemmungs-Reiz gegeben sein, der dem unversehrten Herzen fehlte. Diese Hypothese empfängt gewissermassen eine Bestätigung durch eine Beobachtung, die ich beiläufig gemacht

aber leider nicht weiter verfolgt habe; sie besteht darin, dass die Stärke des Reizes, welche eine regelmässige Pulsfolge auslösen soll beträchtlich anwachsen muss, wenn man zu der schon vorhandenen Ligatur eine neue hinzufügt, wie dieses zuweilen geschehen muss, wenn die erste Unterbindung nicht dicht um die Canüle geschlossen hat.

Im entgegengesetzten Sinne wie die Ligatur wirkt zuweilen die Einführung frischen Serums in die Höhle der Herzspitze; öfter konnte man nach diesem Wechsel die Stärke des Reizes bedeutend herabmindern, ohne dass derselbe seine Unfehlbarkeit einbüsste.

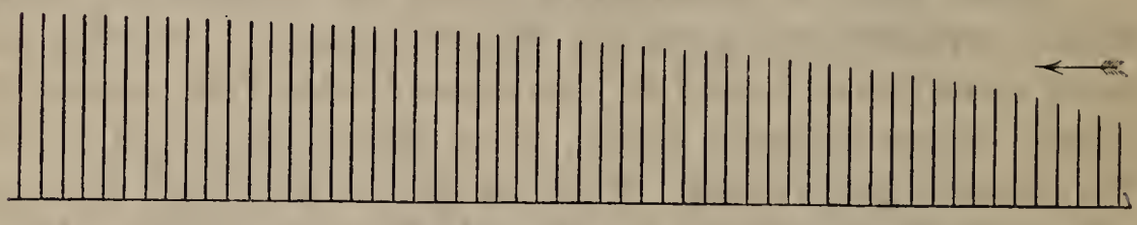
2. *Vom Umfang der Herzzuckung.* Für die Grösse, welche die Zuckung der Herzspitze erreichen kann, ist die Zeit, die zwischen ihr und einer vorhergehenden Contraction verstrich von einer solchen Bedeutung, dass es nothwendig ist ihre Wirkung vor allem zu betrachten. Hiebei wird immer vorausgesetzt, dass die Höhle der Herzspitze mit frischem röthlichen Serum des Kaninchenblutes gefüllt sei, und dass der in regelmässigen Intervallen wirksame Reiz nicht nur ein maximaler sei, sondern dass er auch die Stärke des unfehlbaren besitze.

Fig. IX.



Quecksilbermanometer.

Fig. X.



Wassermanometer.

War vor dem Beginn einer in etwa 4 bis 6 Secunden Intervall aufeinander folgenden Reihe von immer gleich intensiven Reizen die Herzspitze mehrere Minuten hindurch in vollkommener Ruhe gewesen, so löst diese eine Folge von Zuckungen aus, wie sie in den Holzschnitten IX u. X wiedergegeben ist. Die Autographen sind von zwei verschiedenen Herzen geschrieben; IX arbeitete in ein Quecksilber- X in ein Wassermanometer.

Die erste Zuckung, welche nach einer Pause von Minuten langer Dauer hervorgerufen wird ist also die kleinste, und jede folgende nimmt an Umfang zu, jedoch in der Weise, dass mit der steigenden Zahl der Zuckungen der Zuwachs kleiner und kleiner wird bis er endlich ganz verschwindet; von nun an besitzen die hintereinander auftretenden Zuckungen denselben Umfang. Wir wollen eine so beschaffene Reihe von Zuckungen unter dem Namen einer Treppe zusammenfassen. Da die Stufen verschiedener Treppen, die von demselben Herzen gewonnen wurden rücksichtlich ihrer minimalen und maximalen Grössen sowohl wie auch ihrer Zwischenglieder mancherlei Abweichungen von einander bieten, so wird es die nächste Aufgabe sein, die Bedingungen dieser Variation aufzusuchen, und insbesondere zu ermitteln, in wie weit dieselbe von der Stärke, der Richtung und dem Intervall des reizenden Inductionsstromes abhängig sei.

Bei der Ausführung der Versuchsreihen, welche durch diese Fragestellung vorgezeichnet sind ergiebt sich zunächst, dass die Gestalt, welche die Treppe annimmt von der Richtung und der Stärke des Inductionsstromes durchaus unabhängig ist. Obwohl dieses von vornherein erwartet werden konnte, da die angewendeten Reize sämmtlich maximale waren, so habe ich mich dennoch durch die sorgfältigsten Versuche davon überzeugt, dass der Umfang der ersten, der Zuwachs von einer zur andern und die Grösse der maximalen Zuckung von den genannten Eigenschaften des Reizes nicht beeinflusst werden.

Lässt man zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Reihen mindestens fünf Minuten vergehn, so sind alle Zuckungen klein und an Grösse entweder vollkommen gleich oder nur in den Fehlergrenzen der Messung voneinander abweichend, trotzdem, dass die Richtung der Ströme bald auf- und bald absteigend und die Intensitäten derselben sehr verschieden gewählt werden.

Auf gleiche Weise verhält es sich mit dem Zuwachs, der zwei rascher aufeinanderfolgende Zuckungen unterscheidet. Um eine Zahl von vergleichbaren Beobachtungen zu erhalten, liess ich die Herzspitze 5 Minuten ruhen und erregte sie dann durch zwei Reize von denen der zweite auf den ersten in einem Intervall von einigen Secunden folgte; alsdann ruhte die Herzspitze von Neuem 5 Minuten und abermals folgten sich in dem frühern Intervall ein Paar von Reizen u. s. f. Während so die Pausen und die Intervalle zwischen den Reizen sich gleich blieben, ward

die Intensität des Stroms mannigfach geändert. — Nach den vorstehenden Angaben sind die zwölf Paare von Zuckungen gewonnen, welche in der nachstehenden Tabelle stehn.

Pause zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Treppen = 5 Minuten. Intervall zwischen zwei Stufen = 6 Secunden.

Nummer d. Treppe.	Nummer der Zuckung	Höhe des Hubes in m.m. Hg.	Stärke d. Induct.-Schlages am graduirten Schlitten.	Unterschied d. Hubhöhen.	Richtg. d. Indcts.
I.	1.	11.0	90	1.4	Aufsteigend
	2.	12.4	90	.	–
II.	1.	11.0	90	1.4	–
	2.	12.4	100	.	–
III.	1.	11.0	90	1.4	–
	2.	12.4	90	.	–
IV.	1.	11.0	90	1.4	–
	2.	12.4	120	.	–
V.	1.	10.4	90	1.8	–
	2.	12.2	120	.	–
VI.	1.	10.2	90	1.2	–
	2.	11.4	130	.	–
VII.	1.	11.0	90	1.4	–
	2.	12.4	90	.	–
VIII.	1.	11.0	78	1.6	–
	2.	12.6	78	.	–
IX.	1.	11.0	90	1.8	–
	2.	12.8	90	.	–
X.	1.	11.0	90	1.8	–
	2.	12.8	150	.	–
XI.	1.	11.0	90	1.8	–
	2.	12.8	90	.	–
XII.	1.	11.0	90	1.8	–
	2.	12.8	90	.	Absteigend

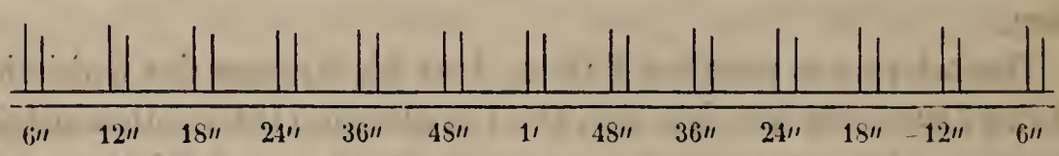
Um die Genauigkeit zu würdigen, mit welcher die vorstehenden Zahlen die Unabhängigkeit des Zuwachses der Zuckungen von den Eigenschaften des Reizes darthun, ist zu erwägen, dass die Hubhöhen wegen bekannter Eigenschaften des Manometers nur halb so gross aufgezeichnet werden als sie in Wirklichkeit ausgeführt werden. Da in der vorstehenden Tabelle die Zahlen selbstverständlich den vollen Werth der Hubhöhe wiedergeben, so ist auch der Fehler der Messung um das Doppelte vergrössert. Weil nun aber bei der Ausmessung von Strichen, die mit Dinte auf Papier gezeichnet werden, Grössen von 0,1 M. M. unzweifelhaft in das Bereich der Fehler fallen, so können bei der Combination zweier solcher Messungen Unterschiede von $\pm$0,2 M.M. nicht als ein Ausdruck für Abweichungen gelten die thatsächlich begründet sind. Betrachtet man von diesem Gesichtspunkte aus die Zahlen der Tabelle, so wird man zu der Ueberzeugung kommen dass die Uebereinstimmung der Unterschiede welche die aufeinander folgenden Zuckungspaare aufweisen eine sehr grosse ist. Wollte man aber daran einen Anstoss nehmen dass die 4 obern Paare zwar unter sich gleich aber einen um 0,4 M. M. geringern Unterschied darbieten als die 4 letzten ebenfalls unter sich gleichen Differenzen, so wäre zu erwägen dass in einer stundenlangen Beobachtungsreihe, wie die vorliegende die Muskelmasse der Herzspitze merkliche Aenderungen ihrer Eigenschaften erfahren konnte. Dieses vorausgesetzt würden also nur die Beobachtungen unter einander vergleichbar sein welche in Zeiten gewonnen sind, die nicht allzuweit von einander abstehen. Führt man aber diese wohl begründete Annahme in die Beurtheilung der vorstehenden Zahlen ein, so lässt ihre Beweiskraft für den ausgesprochenen Grundsatz nichts zu wünschen übrig. Alle Versuche die ich nach demselben Plane anstellte, haben dasselbe Resultat ergeben.

Nachdem wir gesehen haben, dass die Minima der Hubhöhen und der Zuwachs, um den sich zwei in gleichen Intervallen aufeinanderfolgende unterscheiden, von der Stärke und Richtung der Reize unabhängig sind, würde uns derselbe Nachweis nur noch für das Maximum der Zuckung übrig bleiben. Für dieses ist er aber schon geführt in der ausgedehnten Reihe von Beobachtungen, die über den zureichenden und unfehlbaren Reiz angestellt wurden, wie dieses auch auf p. 667 erwähnt ist.

Die Erfolge gestalten sich jedoch ganz anders, wenn man statt der Intensität des Inductionsschlages den Zeitraum variirt, welcher zwei aufeinanderfolgende von einander trennt. Dieses Intervall gewinnt den bedeutendsten Einfluss, vorausgesetzt jedoch, dass die Reize auch wirklich Zuckungen auslösen. Da sie ohne dieses als vollkommen ungeschehen anzusehen sind, so würde es richtiger sein von einem Intervall der Zuckungen statt von einem solchen der Reize zu sprechen. Eine Vertauschung des Ausdrucks lässt sich desshalb nur so lange rechtfertigen, als man unter Reizen unfehlbare versteht. Um die Abhängigkeit des Umfangs der Zuckung vom Intervall der Reize darzulegen kann man auf verschiedene Weise verfahren.

a. Man lasse nachdem eine Pause von zwei bis fünf Minuten vorausgegangen zwei Zuckungen auf einander folgen. Das Intervall welches die Zuckungen eines Paares von einander trennt wähle man nach einer bestimmten Regel veränderlich also z. B. so, dass dasselbe zwischen dem ersten Paar 4 Secunden, zwischen dem zweiten Paar 6 Secunden und so fort bis zu einer Min. und mehr betrage, alsdann lasse man absteigend das Intervall wieder bis zu 4 Secunden sinken. Ein Versuch, der auf diese Weise durchgeführt ist, zeigt, dass die ersten Zuckungen aller Paare nahezu, wenn nicht vollkommen, gleich gross sind. Die zweiten Zuckungen der Paare sind dagegen ungleich gross; und im Allgemeinen grösser als die ersten Zuckungen. Der Werth, um welchen sie die erste Zuckungshöhe übertreffen, wird jedoch um so kleiner, je länger das Intervall dauerte welches die beiden zu einem Paare gehörigen Zuckungen von einander trennte. Das Bild zu welchem eine derartige Beobachtungsreihe führt ist in dem nachstehenden Holzschnitt wiedergegeben.

Fig. XI.



b. Wie hiernach der Zuwachs zweier aufeinanderfolgender Schläge, so wird auch die höchste Stufe, welche die Treppe erlangen kann durch das Intervall der Reize bestimmt. Dieser Satz lässt sich leicht folgendermassen beweisen; man schicke unfehlbare Reize in einem gegebenen Intervall so vielmal hinter-

einander durch die Herzspitze, bis die Hubhöhe nicht mehr weiter steigt. Von nun an ändere man das Intervall und fahre dann abermals mit den Reizen so lange fort bis wiederum die einander folgenden Zuckungen gleich gross sind u. s. w. Auch hier empfiehlt es sich nach einer bestimmten Regel die Dauer der Intervalle zu ändern und sie in auf- und absteigender Reihe anzuwenden. Als Beispiele für diese Art der Beobachtung hebe ich aus meinen Versuchen folgende beide hervor, die an zwei verschiedenen Herzspitzen gewonnen sind. In den obern Zahlenreihen stehen die Intervalle in Secunden, in der untern die Maxima der Hubhöhen; sie sind so geordnet dass unter jedem Intervall die grösste Hubhöhe verzeichnet ist welche bei seiner Anwendung zu erlangen war. —

I.

60.	30.	15.	10.	5.	4.	3.	2.	4.	5.	15.	60.	Sec.
12.0	14.0	16.6	17.0	18.0	18.0	16.4	14.4	15.2	15.2	14.4	10.0	m.m.

II.

5.	60.	30.	20.	5	Sec.
24.4	10.6	15.4	17.6	23.0	m.m.

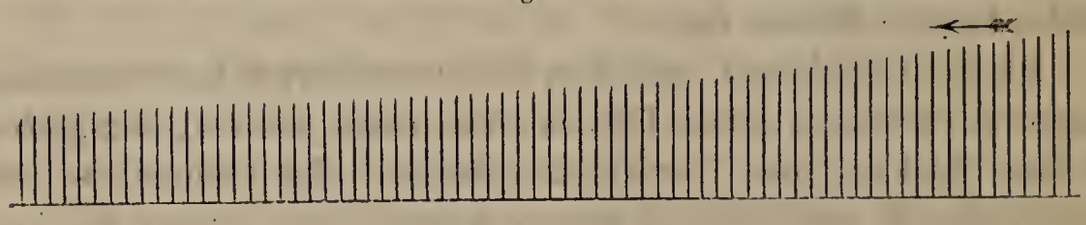
Aus diesen Reihen ist zu ersehen, dass der höchste Hub, welchen die mit reinem Serum erfüllte Herzspitze vollführen kann bei einem Intervall zwischen 4 und 5 Secunden zum Vorschein kommt; verlängert sich dasselbe, so nimmt die Hubhöhe fortwährend ab, bis sie, je nach der Individualität des Herzens, bei einer Pause bis fünf Minuten auf einem Minimum anlangt, unter das sie auch längere Ruhe nicht herabdrückt. Und nicht minder sinkt der Umfang der Zuckungen, wenn man das Intervall von vier Secunden bis auf zwei verkürzt. Unter eine geringere Dauer desselben bin ich selten herabgegangen, weil sich von nun an entweder die Zuckungen zum Tetanus summiren, oder nicht häufiger werden, als bei einem Zeitintervall von zwei Secunden. Das Verhalten der Herzmuskeln gegen rasch aufeinanderfolgende Reize bedarf einer besondern Untersuchung, die namentlich unter Berücksichtigung der mit der Jahreszeit wechselnden Reizbarkeit zu führen ist.

Mit dem Schlüssel, welchen die entwickelten Gesetzmässigkeiten an die Hand geben fällt es nicht mehr schwer, anzugeben ob eine Zuckung der Herzspitze grösser oder kleiner als eine vorhergehende oder eine spätere sein wird, wenn über die Auf-

einanderfolge der Reize disponirt ist. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, dass die beiden zu vergleichenden Zuckungen nicht durch eine grössere Zahl in der Mitte liegender getrennt sind, weil unter dieser Bedingung neue Einflüsse zur Geltung kommen.

Denn die Abhängigkeit, in welcher der Umfang von der Zahl der ausgeführten Zuckungen und ihrer zeitlichen Folge steht, erschöpft sich nicht mit dem Ausdruck, den sie in der Treppe empfängt; dieses ist selbstverständlich, da die Herzspitze, wie jeder andere Muskel, in Folge der Arbeit an Leistungsfähigkeit verliert; schickt man also durch die Herzspitze eine grosse Zahl von unfehlbaren Reizen, so nehmen die Hubhöhen gradatim bis zum endlichen Verschwinden ab. Ueber den Gang nach welchem diese Ermüdung geschieht kann ich das Folgende aussagen. Wenn man nach den Vorschriften von *H. Kronecker* die obern Enden der in gleichen Abständen über dieselbe Abscisse geschriebenen Hubhöhen durch eine Linie, »die Ermüdungscurve« miteinander verbindet, so sieht man, dass dieselbe entweder geradlinig oder mit einer gegen die Abscisse gerichteten Convexität zu dieser herabsteigt. Veränderte sich mit der wachsenden Zahl der Contractionen der Umfang der Verkürzung, den die einzelne Muskelfaser erleidet, am Herzen in derselben Weise wie an den Schenkelmuskeln, so würde die Curve der Ermüdung ihre Concavität nach der Abscisse gerichtet haben, so dass der Abfall der Zuckungen während der Ermüdung das Gegenbild ihres Aufsteigens in der Treppe gewesen wäre. Ueber den Grund der Erscheinung, die dem Herzmuskel den Anschein giebt, als ob die Grösse seiner Ermüdung mit der wachsenden Zahl der Zuckungen abnähme, wage ich aus Mangel an Versuchen keine Aeusserung. Auf die Steilheit, in welcher die Ermüdungscurve abfällt übt einen sichtbaren Einfluss das Intervall der Reize. Auch über diesen Punkt muss ich vorerst das Ausführlichere schuldig bleiben und mich nur auf die Vorlage zweier (Fig. XII u. XIII) aus meinen hier einschlagenden Beobachtungen beschränken.

Fig. XII.



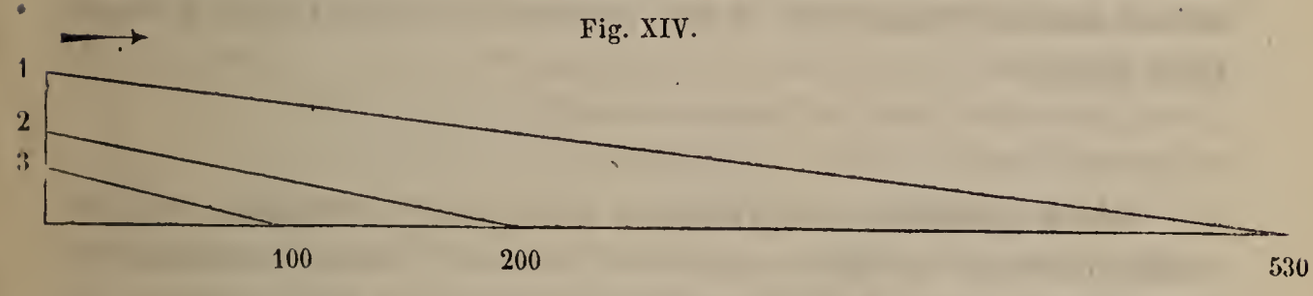
Intervall von 2 Secunden.

Fig. XIII.

Intervall von 4 Secunden.

Wenn die Zuckungen der Herzspitze in Folge der Ermüdung endlich zu schwach geworden sind, um das Quecksilber noch sichtlich zu heben, so kann man dieselben, ähnlich wie die des ermüdeten Sceletmuskels, wieder dadurch anfachen, dass man das Serum mit welchem der Ventrikel bisher gearbeitet durch neues ersetzt. — Die Arbeitsfähigkeit, die das Herz durch diesen Wechsel gewinnt ist in der Regel nicht unbedeutend, aber sie ist bei weitem nicht so gross als die, welche ursprünglich vorhanden war. Ist die Herzspitze zum zweitenmal durch die ausgeführten Zuckungen ermüdet, so kann sie sich durch eine erneute Veränderung des Serums noch einmal erholen, aber die Leistungsfähigkeit, welche jetzt erzielt wird ist noch geringer als die durch den ersten Serumwechsel hervorgerufene. Fährt man in dieser Weise mit der Ermüdung und dem Wechsel des Serums fort, so gelangt man allmählig an einen Punkt in welchem der Zusatz neuen Serums unwirksam wird. Als ein Beispiel für dieses in verschiedener Richtung beachtenswerthe Verhalten mag der folgende Holzschnitt dienen. Um ihn zu verstehn ist zu

Fig. XIV.



beachten, dass statt der autographirten Zuckungen nur der Abfall der Ermüdungslinie gezogen ist, und die Abscisse, über die sie läuft verkürzt ist. Ihre Länge ist der Zahl der Zuckungen proportional genommen, welche vom Maximum bis zum Verschwinden derselben ausgeführt werden.

Die oberste der drei Linien stellt den Abfall der Ermüdung

der frischen Herzspitze dar; die Länge der Abscisse entspricht einer Zahl von 530 Zuckungen; die zweite Linie giebt die Ermüdung nach dem ersten Serumwechsel; die Länge der Abscisse entspricht einer Zahl von 200 Zuckungen; die dritte Linie endlich giebt die Ermüdung nach dem zweiten Serumwechsel; die Länge der Abscisse entspricht einer Zahl von 100 Zuckungen. — Durch die Vergleichung der Ermüdungslinien ergiebt sich also, dass bei jeder neuen Erholung nicht allein das Maximum der Zuckung kleiner wird, sondern dass auch die Steilheit ihres Absinkens zunimmt.

Ausser den an einem Sceletmuskel zu gewinnenden Aufschlüssen gewährt die Herzspitze noch einen neuen, der sich auf die Stellung bezieht, welche der in verschiedenen Graden ermüdete Muskel zu den Qualitäten des Serums einnimmt. Dieselbe Menge des ursprünglich immer gleich beschaffenen Serums machte zuerst 500, dann nur 200 und endlich nur 100 Zuckungen möglich. Also würde die weniger als halbe Zahl der Zuckungen, welche der Muskel nach der ersten Wiederherstellung gab entweder das Serum ebenso stark verändert haben, als die welche die frische Herzspitze vollführte, oder es muss, wenn dieses nicht der Fall, das Serum reicher an erholendem Stoffe sein, wenn es statt eines frischen den schon einmal ermüdeten Muskel wieder herstellen soll. Auch über diese wichtige Alternative müssen weitere Versuche entscheiden.

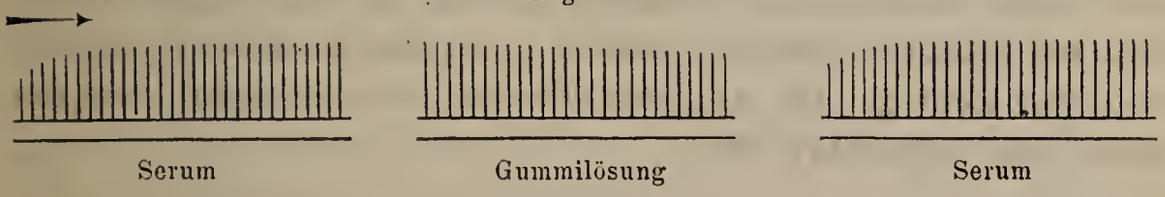
Abgesehen von der Ausdauer und der Grösse des Hubes unterscheidet sich der ermüdete Muskel nicht von dem frischen; namentlich ist ihm das treppenartige Anwachsen der Zuckungshöhen und die Abhängigkeit der letztern vom Reizintervall ebenfalls eigen.

Die Reizbarkeit des Herzens wird eine wesentlich andere wenn man seine Höhle statt mit reinem Serum, mit andern Flüssigkeiten füllt, beziehungsweise dem Serum Gifte zusetzt. Da die neuen Erscheinungen die bisher vorgetragenen wesentlich aufklären, so soll ihre Beschreibung sogleich folgen.

A. Eine Lösung von 0,5 gr. Na Cl. u. 4,0 gr. Gummi arab. in 100 Th. Wasser. Diese Flüssigkeit wendete ich ursprünglich in der Absicht an, um das nicht immer bereite Serum zu ersparen; bei ihrer Anwendung stellte sich aber

heraus, dass dieselbe dem Herzen mannigfach andere Eigenschaften ertheilt, so dass meine Erwartungen zwar nicht erfüllt, wohl aber übertroffen wurden. — Die auffallendste Abweichung zeigte das mit Gummilösung erfüllte Herz durch sein Verhalten nach einer längern Ruhezeit. Wenn nach ihrem Ablauf die regelmässige Folge der Reize wieder eingeleitet wurde, so fehlte das treppenförmige Ansteigen der aufeinanderfolgenden Zuckungen. Um mich davon zu überzeugen, dass dieser Ausfall nicht auf die Individualität des Herzens sondern auf die chemischen Eigenschaften der Flüssigkeit zu beziehen sei wurde dieselbe Herzspitze wechselnd erst mit Serum dann mit Gummilösung und schliesslich wieder mit Serum gefüllt, und jedesmal eine längere Zeit gewartet ehe die gleichstarken und in gleichem Intervall eintreffenden Inductionsschläge durch den Herzmuskel geleitet wurden. — Der Holzschnitt XV giebt das Resultat eines Versuches wieder.

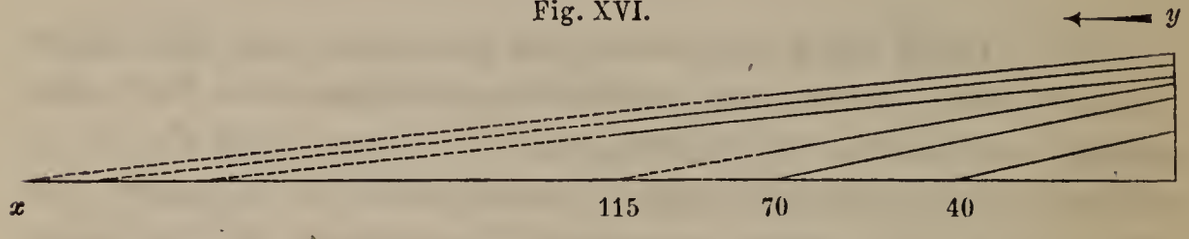
Fig. XV.



Der Ausfall des treppenförmigen Ansteigens der Zuckungen war übrigens nicht in allen Beobachtungsreihen so scharf ausgeprägt, wie in dem vorgelegten Autograph, aber auch da, wo es erschien, trug dasselbe insofern einen abortiven Charakter, als schon nach einer oder nach zwei Zuckungen das Maximum erreicht war. Im Allgemeinen schienen die Beobachtungen dafür zu sprechen, dass nach sehr langen Pausen von 10 Minuten und mehr diese abortiven Treppen häufiger als nach kurzen auftreten. — An die Stelle der Erscheinung, dass innerhalb gewisser Grenzen mit dem Wachsen der Ruhezeit die erste der auszulösenden Zuckungen abnahm, trat nun die entgegengesetzte Wirkung der Ruhe; es wuchs die erste der nach ihr ausgelösten Zuckungen mit der Dauer derselben, und zwar in einem nicht unbedeutenden Grade, wenn man die genannte Zeit 10 Minuten lang währen liess. Somit verhielt sich jetzt die Herzspitze wie jeder andere quergestreifte Muskel, aber, wie mir scheint, doch nur qualitativ, denn die Erholung war am Herzen eine viel mächtigere als an den Muskeln, welche ich in den Versuchen

meines Freundes *Kronecker* arbeiten sah. Ihr Anspruch auf eine grössere Erholung stützte sich nicht allein auf die viel grössere Hubhöhe, welche die Herzspitze unmittelbar nach jeder längern Ruhe ausführen konnte, sondern namentlich darauf, dass die in der Erholungszeit gewonnene Leistungsfähigkeit durchaus nicht so rasch wieder abfiel, wie dieses am gewöhnlichen Sceletmuskel zu geschehen pflegt. Als ein Beispiel dafür, was die Ruhe für das mit Gummilösung gefüllte Herz leisten kann, gebe ich statt schwierig zu übersehender Zahlen in dem folgenden Holzschnitt das Bild eines Versuches wieder. Auf y sind die Hubhöhen in der vom Schwimmer gezeichneten Grösse getragen, auf x dagegen sind die Längen den Zahlen der ausgeführten Schläge proportional. Jede der 6 Linien entspricht einer Reihe von Schlägen, die je 7 bis 10 Minuten nach Abschluss der vorhergehenden begann. Der ausgezogene Theil dieser Linie ist nach der Zahl der wirklich ausgeführten Schläge construirt, der getupfte unter der Voraussetzung weitergezogen, dass der Abfall der Hubhöhen in den nicht beobachteten Schlägen gerade so wie in den beobachteten stattgefunden. Die Zahlen unter der Abscisse bedeuten, wie viel Schläge bis zu dem Punkte, wo sie stehn von der Herzspitze ausgeführt sind.

Fig. XVI.



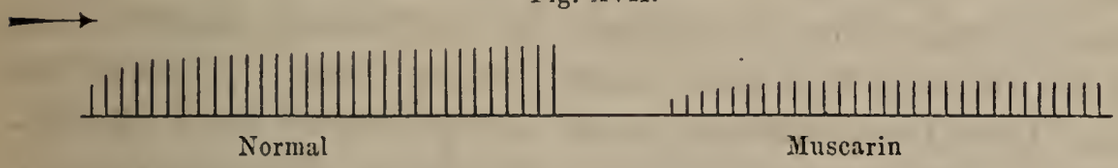
Nach diesen und ähnlichen Versuchen dürfte nicht allein der vorhin gethane Ausspruch über die Erholung durch Ruhe, sondern auch der Wunsch berechtigt sein, durch eine besondere Versuchsreihe den Gang der Erscheinungen weiter zu verfolgen, wobei nach meinen Beobachtungen namentlich auch die alternirende Füllung mit Serum nicht vernachlässigt werden dürfte.

Verhält sich bis dahin die mit Gummi gefüllte Herzspitze anders als die serumhaltige, so gleicht sie in allen übrigen Stücken dem letztern, indem Alles, was dort über den zureichenden und unfehlbaren Reiz gefunden ward, auch hier in voller Geltung steht.

B. Lösung von Muscarin in Kaninchenserum. Dieses durch die Untersuchungen von *Schmiedeberg* berühmt

gewordene Gift wurde dem Serum aus Kaninchenblute zugesetzt, das in die Höhle der Herzspitze gefüllt war, und um die Wirkung des Giftes unabhängig von den Eigenthümlichkeiten des dem Versuche ausgesetzten Herzens zu erkennen, ward dasselbe vor der Vergiftung einer Reihe von Reizen ausgesetzt. Hiebei zeigte sich nun (siehe den folgenden Holzschnitt), dass das treppen-

Fig. XVII.



artige Ansteigen der Zuckungen, welches durch eine Reihe unfehlbarer Reize nach einer längern Ruhe erzeugt wird, sich dahin verändert, dass die minimale und maximale Zuckung und ebenso der Zuwachs von einem zum andern Hube während der Vergiftung auffallend kleiner als vorher wurden. Hieraus folgt denn schon, dass bei Reizen von gleichen Intervallen das Zuckungsmaximum am unvergifteten Herzen sich immer grösser als am muscarinirten stellt. Diese Regel erleidet jedoch eine beachtenswerthe Abweichung bei Intervallen die kürzer als vier Sec. sind. Man wird sich erinnern, dass wenn das Intervall der Reize, die am unvergifteten Herzen wirkten bis zu einer Dauer von vier Secunden abgenommen hatte, die grösste Zuckung erhalten wurde, die überhaupt zu gewinnen war, dass aber, wenn sich die Reize noch schneller folgten z. B. nach je drei oder zwei Secunden die Zuckungshöhe absank. An der mit Muscarin vergifteten Herzspitze wächst dagegen die Zuckungshöhe fort und fort mit dem abnehmenden Intervall, so dass hier die grösste Hubhöhe erschien, als sich die Reize in je zwei Secunden folgten, und da bei diesem kurzen zeitlichen Abstand die Zuckungen der Herzspitze sehr bedeutend emporsteigen, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass das Zuckungsmaximum, das ein vergiftetes Herz bei 1 Secunde Intervall erreicht grösser ist, als das unter denselben Umständen vom unvergifteten Herzen gewonnene.

Die Wirkungen, welche soeben beschrieben sind treten nach der Muscarinvergiftung nicht momentan, sondern erst dann deutlich hervor, wenn seit dem Beginn derselben mindestens 10 Minuten verstrichen sind. Wird das vergiftete Herz zu zahlreichen Zuckungen veranlasst, so verschwindet die Wirkung des Mus-

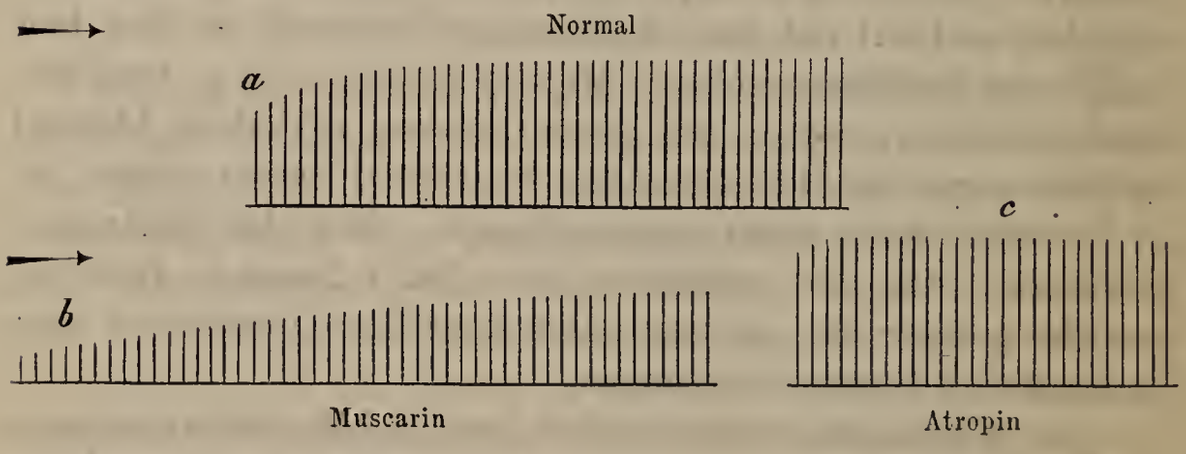
carins etwa im Verlauf von 1—2 Stunden allmählig; ist dieses geschehn, so kann die Herzspitze abermals durch eine neue Gabe des Muscarins vergiftet werden.

Da die Möglichkeit denkbar war dass das Muscarin den Elasticitätscoefficienten der Herzwand herabsetzte, und da, wäre dieses geschehn, der geringe Zuckungsumfang der Herzspitze aus einer verminderten elastischen Spannung der Wand abzuleiten gewesen wäre, so steigerte ich die letztere dadurch dass ich das ruhende Herz unter einem höhern Druck als gewöhnlich füllte. Diese Druckerhöhung zeigte sich jedoch für den Zuckungsumfang als durchaus unwirksam; der letztere blieb unverändert, gleichgiltig ob das ruhende Herz unter einer 30 oder einer 100 M. M. hohen Wassersäule stand.

Mit Ausnahme der erwähnten verhielt sich die mit Muscarin vergiftete Herzspitze in allen übrigen Punkten wie die unvergiftete.

C. Lösung von Atropin in Kaninchenserum. Nach den glücklichen Versuchen mit Muscarin lag es nahe auch die Wirkung seines Gegengiftes, des Atropins zu prüfen. Zunächst ward so verfahren, dass der Reihe nach dieselbe Herzspitze zuerst unvergiftet, dann mit Muscarin und endlich mit Atropin vergiftet nach vorausgegangener Ruhezeit einer Reihe unfehlbarer Reize ausgesetzt ward. In der That zeigte sich auch hier das Atropin als ein Antidotum des Muscarins. In den drei verschiedenen Zuständen wurden Zuckungsreihen erhalten, wie sie der folgende Holzschnitt wiedergiebt. — Vom unvergifteten Her-

Fig. XVIII.



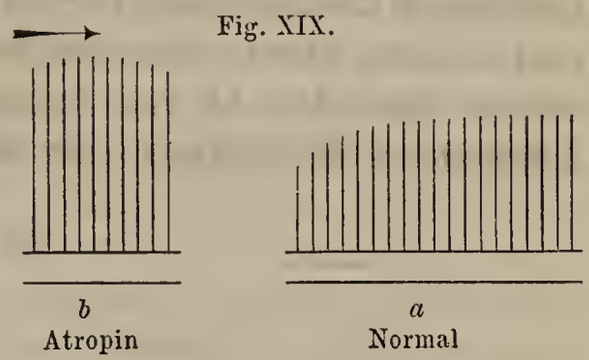
zen ist *a*, vom muscarinirten *b*, vom atropinirten *c* geliefert.

Durch das Atropin wurde also das stufenartige Ansteigen der Zuckungen zum Verschwinden gebracht, während es durch das Muscarin in stärkerem Grade ausgeprägt worden war. —

An diese Thatsache reihten sich die folgenden andern. — Bei voller Vergiftung war die erste Zuckung nach einer längern Ruhe die grösste. Wurden hinter ihr her die Schläge wiederholt, so trat ein Absinken derselben ein, das um so steiler ward je kürzer die Zwischenzeiten der Reize gewählt wurden. Aendert sich also in einer längern Reihe aufeinanderfolgender Inductionsschläge das Intervall, so wird der Umfang der Zuckung mit der wachsenden Zwischenzeit zunehmen, so dass die höchste der erreichbaren Zuckungen nicht wie während der Muscarinvergiftung bei 2 Sec. oder bei dem mit Serum gefüllten unvergifteten Herzen bei 4 Secunden langem Intervalle, sondern weit ab gegen die langen Intervalle hin liegt. —

Die absoluten Grössen des Zuckungsumfanges, welche die Herzspitze erreichen kann sind im atropinirten Zustande bedeutender als im unvergifteten; wie gross der Unterschied zu werden vermag zeigt der nachstehende Abdruck zweier Autographien von denen *a* vor u. *b* nach der Atropinvergiftung gewonnen ist.

Fig. XIX.



Die Dosen des Atropins, welche nothwendig sind, um die bis dahin beschriebenen Wirkungen deutlich hervortreten zu lassen, sind im Verhältniss zu denjenigen, welche man nach *Schmiedeberg* am unversehrten Herzen behufs der Vergiftung anwenden muss, grosse zu nennen. Während dort unwägbare Spuren genügen, reichten hier erst 0,6 Milligrammen des Giftes die in die Höhle der Herzspitze gebracht wurden, aus. In allen andern als den erwähnten Beziehungen verhielt sich das atropinirte Herz wie das unvergiftete.

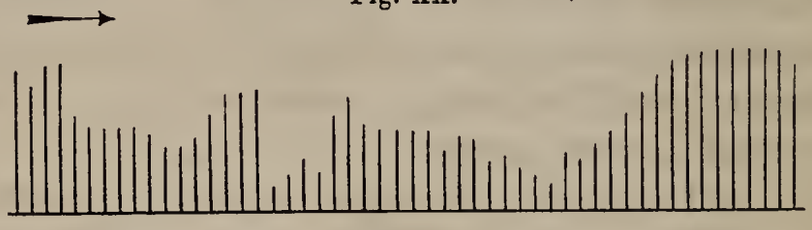
D. Lösung von Delphinin in Kaninchenserum. — Grössere Gaben dieses Giftes z. B. ein Milligramm zerstören die Reizbarkeit rasch; werden dagegen kleinere von z. B. 0,1 Milligramm dem Inhalt der Herzspitze zugesetzt, so erhält sich die Reizbarkeit derselben lange Zeit unter dem Auftreten sehr bemerkenswerther Erscheinungen. — Ein Inductionsstrom, welcher vor der Vergiftung stark genug war, um als unfehlbarer Reiz zu wirken, reicht nach der Vergiftung zu dem genannten Zwecke nicht mehr aus, so dass, um eine regelmässige Pulsfolge zu

erzielen die Stärke des Inductionsstroms nicht unbedeutend anwachsen muss. Oft genug hilft aber auch die mächtigste Verstärkung des Stromes zu dem beabsichtigten Zwecke nicht. Wenn aber nur die stärksten Reize Zuckungen auslösen und auch diese, trotzdem dass sie in regelmässigen Intervallen auftreten, nur dann und wann eine Zuckung hervorrufen, so wird der Annahme nichts entgegenstehn, dass die delphinirte Herzspitze nicht bloss weniger reizbar geworden, sondern dass sie ihre Fähigkeit, von den Inductionsschlägen erregt zu werden, zeitweilig ganz verloren habe.

Bei der Vergiftung mit Delphinin verschwindet ebenso wie bei der mit Atropin die Treppe.

Während der Vergiftung mit Delphinin treten aber auch ohne Zuthun äusserer Reize Zuckungen der Herzspitze auf, welche also von inneren Reizen ausgelöst sein müssen. Diese selbstständigen Zuckungen sind zwar an Umfang und an Arbeitskraft sehr verschieden, aber viele von ihnen stehen an Stärke den kräftigsten Contractionen der unvergifteten Herzspitze nicht nach und einzelne übertreffen dieselben sogar. Da der folgende Holzschnitt eine Anzahl von autographirten Eigenzuckungen der delphinirten Herzspitze in der Reihenfolge wiedergiebt in wel-

Fig. XX.

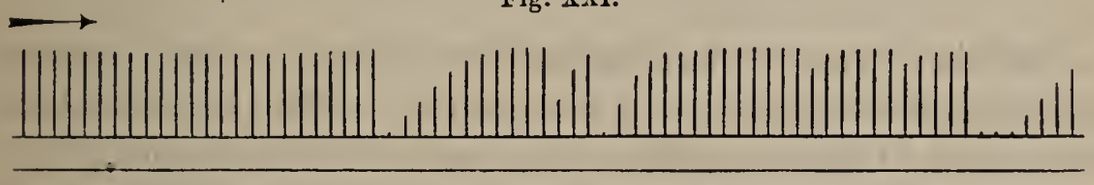


cher sie auftraten, so wird eine weitere Schilderung ihrer veränderlichen Grösse nicht nöthig sein. — Aus dem regelmässigen Abstand in welchem die Spitzenschläge in der vorstehenden Zeichnung aufeinander folgen, darf man nicht schliessen dass sie in zeitlicher Regelmässigkeit erschienen seien. Der Anschein entsteht in diesem Falle nur dadurch, dass die Trommel nach jeder Zuckung mit der Hand um eine halbe Windflügeldrehung weiter bewegt wurde. In der That waren die Zeiträume, welche zwischen zwei Schlägen verflossen an dieser wie an andern delphinirten Herzspitzen sehr ungleichmässig; bald betrugen sie 5 Secunden und bald auch mehr als zwei Minuten. Der gesammte Zeitraum, in welchem die delphinirte Herzspitze selbst-

ständig schlägt ist dabei kein nur kurz vorübergehender; ich sah ihn länger als 30 Minuten andauern. — Wenn man den Verlauf solcher Eigenzuckungen auf einer rasch rotirenden Trommel aufzeichnen lässt, so stellt sich derselbe als ein durchaus regelmässiger dar; vielleicht nur, dass der Gipfel der Curve etwas breiter als gewöhnlich ist. Zugleich aber finden sich nicht selten Doppelschläge, deren Gipfel jedoch deutlich von einander abgesetzt sind.

Wenn man in der Periode, in welcher die delphinirte Herzspitze Eigenzuckungen ausführt, eine Reihenfolge von Inductionsschlägen durch sie sendet, so treten zuweilen die Zuckungen in dem Intervall der Reize auf, zuweilen aber trifft es sich auch, dass die Spitze in der Zeit, die zwischen zwei Reizen liegt selbstständig zuckt. Geschieht dieses, so wird auch den Inductionsschlägen die Fähigkeit geraubt, gleich umfängliche Contractionen hervorzurufen; in diesem Fall gewinnt dann die Zuckungsreihe das unregelmässige Ansehn, welches der Holzschnitt XXI wie-

Fig. XXI.



dergiebt. Zuweilen kommt es sogar vor, dass die Eigenzuckungen noch fortdauern, wenn die Inductionsschläge der kräftigsten Art durchaus ohne Wirkung bleiben. Dass es sich dann um einen Zustand handelt, in welchem, wie es ja öfter in Muskeln vorkommt, nur der Inductionsschlag seine reizende Wirkung eingebüsst hat, geht daraus hervor, dass durch die Berührung der Ventrikeloberfläche noch Zuckungen auszulösen sind.

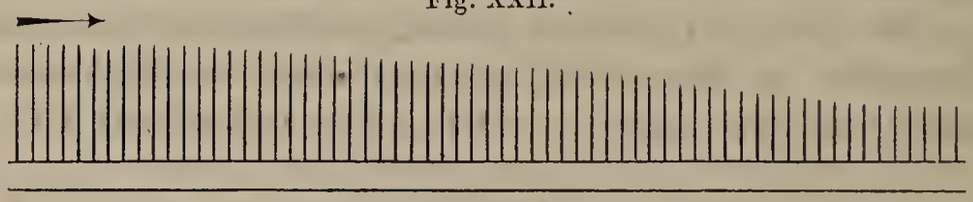
E. Aenderung der Temperatur. Durch frühere Versuche, insbesondere aber durch die von *Cyon* [1]) ist bekannt, dass mit der steigenden Temperatur Umfang und Arbeitskraft der Systole des Ventrikels eines unversehrten Herzens abnehmen. Ob dieses geschieht, weil sich die natürlichen Herzreize, oder die Reizbarkeit der Muskelsubstanz geändert haben, blieb natürlich unbekannt. Die Entscheidung hierüber konnte ich jetzt dadurch herbeiführen, dass ich prüfte, ob sich die Herzspitze bei Anwen-

1) Diese Berichte, 1866.

dung eines constanten und maximalen Reizes, unter ähnlichen Umständen ähnlich wie das unversehrte Herz verhielte. Hiemit war denn auch Gelegenheit gegeben, zu versuchen, ob die etwa eintretende Verminderung der Zuckung durch Atropin gehoben werden könnte.

Die erste dieser beiden Fragen wurde durch den Versuch dahin beantwortet, dass mit der steigenden Wärme trotz der maximalen Reize die Zuckung an Umfang verlor. Das Gesetz, nach welchem dieses letztere erfolgt gleicht demjenigen, nach welchem die Zunahme des Zuckungsumfangs bei der Treppe geschieht. Eine Linie, welche die obern Enden der aufeinanderfolgenden Zuckungen verbindet, stellt eine leicht gebogene Curve dar, welche ihre Concavität nach der Abscisse wendet.

Fig. XXII.



Die zweite der vorhin aufgestellten Fragen ward verneint. Während der Steigerung der Temperatur verhält sich das Herz, welches mit Atropin vergiftet war gerade so wie das unvergiftete. Ein Umstand, der die Messungen am erwärmten Herzen sehr erschwert ist dadurch gegeben, dass das Serum sehr bald seine erholende Eigenschaft einbüsst, so dass bei einer Versuchsreihe, die mit niederer Temperatur beginnt und durch eine höhere hindurch zu der letzteren zurückgeht nicht etwa zu dem Resultate führt, dass die Zuckung bei der Wiederabkühlung der Herzspitze zu demselben Umfang zurückkehrte, von dem sie vor Erwärmung ausgegangen war. Die Zuckung kommt erst dann auf ihre frühere Höhe wenn das alte Serum durch frisches ersetzt ward.

F. Ligatur des Vorhofes. Aus den Versuchen von *Coats* [1]) geht schon hervor, dass die electrische Reizung des Ventrikels während der bestehenden Erregung des n. vagus zu kleinern Zuckungen, als ohne dieselbe führte. Mit meinen verbesserten Hilfsmitteln erschien es mir von Interesse, zu prüfen, ob sich mittelst des regelmässig wiederkehrenden electrischen Reizes an einem Herzen, dessen Hemmungsnerven in Erregung

1) Diese Berichte, Jahrgang 1869.

standen die Erscheinung, welche wir die Treppe nannten hervorrufen lasse. Die selbstständigen Zuckungen des Herzens unterdrückte ich durch eine Ligatur um den Vorhof und reizte in regelmässigen Intervallen die Ventrikel. In der That konnte die Treppe in einer Vollkommenheit hervorgerufen werden, wie sie sonst nur an dem mit Muscarin vergifteten Herzen zum Vorschein kommt. So bedurfte es z. B. in einem Falle 54 Schläge, welche in 2 Secunden Intervall aufeinander folgten, um von einer Anfangszuckung von 2 M. M. auf die maximale von 17 M. M. zu steigen. Diesen hoffnungsvollen Versuch konnte ich aus Mangel an Zeit nicht weiter verfolgen.

Inwiefern sind nun die vorgetragenen Thatsachen geeignet unsere Vorstellungen über die Vorgänge im Innern der Muskelröhren und insbesondere in denen des Herzens zu fördern?

1. Die Abhängigkeit, in welcher sich die Grösse einer Herzzuckung von der Zahl aller schon vorausgegangenen und dem Zeitraum befindet, der zwischen ihr und ihrer nächsten Vorgängerin verflossen, mit einem Worte die Erscheinung der Ermüdung durch Arbeit und der Erholung durch die Ruhezeit lassen sich auf die von andern Muskeln her bekannten Regeln zurückführen, wenn das Herz entweder mit kochsalzhaltiger Gummilösung gefüllt oder mit Atropin vergiftet ist. Demgemäss sind alsdann alle Erscheinungen zu erklären durch die Annahme, dass in dem überlebenden Muskel ein bestimmter Vorrath eines Stoffes vorhanden sei, von welchem in der Zeit zwischen je zwei Zuckungen ein begrenzter Antheil in einen solchen Zustand übergeführt werde, dass er durch den Reiz veranlasst eine Zuckung einzuleiten und ihre Arbeitskraft zu bestreiten vermöge. Sowohl die Geschwindigkeit mit welcher diese Aenderung der Masse als auch die Gewichtsgrenze bis zu welcher sie vor sich geht ist abhängig von dem Vorrath jenes verwandelbaren Stoffes, so dass mit der Zahl der schon ausgeführten Zuckungen nicht allein für gleiche Reizintervalle der Umfang der Zuckung abnimmt, sondern auch durch grössere Intervalle der ursprüngliche Zuckungsumfang nicht mehr zu erreichen ist.

Mit diesen Annahmen ist aber nicht mehr auszukommen, wenn es sich darum handelt die Thatsachen zu erklären, welche der mit Serum gefüllte oder der mit Muscarin vergiftete, oder der vom gereizten Vagus innervirte Ventrikel darbietet. Denn nun stellt sich die mit der eben versuchten Erklärung unvereinbare

Erscheinung ein, dass bis zu einer gewissen Grenze der Umfang der Zuckung mit der Dauer des Intervalls abnimmt. Da nun den zuerst erwähnten Thatsachen gemäss (Atropinvergiftung etc.) auch der Herzmuskel während der Ruhezeit an Zuckungsfähigkeit gewinnt, so muss man für die zuletzt erwähnten Zustände (Vagusreizung, Muscarinvergiftung u. s. w.) annehmen, dass, während der Zuckungspause im Gegensatz zu den Bedingungen, welche den Umfang der Contraction vergrössern, auch noch andere entstehen, welche den Umfang derselben zu verkleinern trachten. Diese letztern dürften am besten mit der Reibung desshalb verglichen werden, weil durch ihr Auftreten der Eintritt der Zuckung nicht erschwert, sondern nur ihre Excursion herabgesetzt wird. Jede Zuckung würde demnach aus der Zusammensetzung zweier im entgegengesetzten Sinne gerichteter Antriebe resultiren, wir wollen sagen eines beschleunigenden und eines dämpfenden.

Ueber die Eigenschaften des Antriebes, welcher die Excursion der Zuckung herabsetzt empfangen wir durch die regelmässig wiederkehrenden Reizungen noch weitere Aufklärungen. — Durch eine vollführte Zuckung werden die dämpfend wirkenden Bedingungen theilweise zerstört, und in der Ruhezeit wieder hergestellt, so dass die Ermüdung und Erholung ebensogut für den dämpfenden als für den beschleunigenden Antrieb gilt, doch mit dem Unterschied, dass die Erholung des ersteren langsamer fortschreitet als die des letzteren, in Folge dessen der Zuckungsumfang mit dem abnehmenden Reizintervalle zunimmt. Die Stärke, mit der sich die Dämpfung geltend macht, wächst bedeutend unter Umständen, welche die Beihilfe einer Nervenreizung wahrscheinlich wenn nicht gewiss machen; sollte also auch sie, ähnlich wie die, welche zur Vergrösserung der Excursion führt, eine ausgelöste Bewegung sein? — Wenn die Bedingungen, welche eine Dämpfung erzeugen, während einer längern Ruhe stark entwickelt sind, so können sie erst durch eine Reihe von Zuckungen auf das Maass zurückgeführt werden, mit welchem sie sonst in dem gegebenen Intervall wirksam sind. Auch hierin liegt eine vollkommene Analogie mit der Zeiterholung des gewöhnlichen Muskels. — Wenn der Herzmuskel durch die fortwährend wachsende Zahl seiner Zuckungen dem Tode entgegengeht, so schwinden die beschleunigenden und die dämpfenden Bedingungen in gleichem Maasse, so dass auf jeder Stufe der Ermüdung durch die gleiche Aenderung der Intervalle auch

die Grösse der Zuckungen in demselben Sinne beeinflusst werden kann.

Da an den Muskeln des überlebenden Herzens die Entstehung dämpfender Bedingungen nur unter ganz bestimmten Umständen beobachtet wird, so bleibt es zweifelhaft, einerseits, ob auch das normale Herz dieselben entwickelt, und andererseits, ob nicht alle quergestreiften Muskeln sie unter ähnlichen Umständen zeigen. Andeutungen für ihre Anwesenheit liegen in der That vor, so z. B. in den Erscheinungen, welche *Wundt*[1]) als secundäre Modification beschrieben hat.

2. Der Inductionsstrom geringster Stärke, welcher eine Herzzuckung auslöst, ruft nicht die schwächste der möglichen Zuckungen hervor und es steigt auch nicht der Umfang der letztern bis zu einem unüberschreitbaren Maximum, wenn die Intensität des erregenden Stromes anwächst. An unserem Object bewirkt der Inductionsstrom entweder eine Zuckung oder er vermag dieses nicht; und vermag er das erstere, so ruft er auch gleich die umfangreichste Zuckung hervor welche der Inductionsstrom zur gegebenen Zeit überhaupt auslösen kann. Daraus folgt unmittelbar, dass der Grund wesshalb die Herzspitze in verschiedenem Umfang zuckt in den veränderlichen Eigenschaften ihrer Muskelfaser selbst zu suchen ist. Es wird kaum nöthig sein, auf die grosse praktische Bedeutung dieses Satzes hinzuweisen.

3. Wenn ein Inductionsstrom die sog. maximale Grenze überschritten hat, so erzeugt er in dem gewöhnlichen quergestreiften Muskel, so oft er denselben trifft auch eine Zuckung; am Herzen aber gelingt ihm dieses nur dann, wenn er über die untere Grenze des sog. maximalen Werthes noch bedeutend gewachsen ist. Man könnte sagen, es sei durch den Abstand der Intensitäten vom hinreichenden zum unfehlbaren Reize dem Herzen gleichsam ein Ersatz geboten für eine andere ihm fehlende Eigenschaft, für die nämlich, innerhalb gewisser Grenzen der Stromesstärke seine Zuckung von dem minimalen zum maximalen Umfange anschwellen zu lassen. Bei der Aufstellung einer solchen Analogie wäre aber zu beachten, dass das Gesetz, welches die Sicherheit der Wirkung eines Inductionsstromes bestimmt der unter der Grenze der unfehlbaren Intensität liegt

1) *Reichert* und *du Bois-Reymond's* Archiv. 1859. 537 u. 1861. 781.

kein so einfaches ist, wie das, welches den Umfang der Zuckung bei untermaximalen Reizen regelt. Denn die Beobachtung lehrte, dass ein Reiz von nur hinreichender Stärke in Zeitabständen die sich nach Secunden bemessen, bald wirksam und bald unwirksam war, ohne dass man eine äussere Veranlassung für das eine oder das andere anzugeben wusste. Somit blieb uns nur die Annahme übrig, dass die Reizbarkeit des Herzens kein Gleichgewichtszustand, sondern ein rasch veränderlicher Vorgang sei, insofern als die Grade derselben, welche den schwächern Reizen zugänglich sind auftreten oder verschwinden, wie Wellen, die in unregelmässiger Folge über das constante Niveau des unfehlbaren Reizes emporsteigen. — Mit dieser Veränderlichkeit der höhern Empfänglichkeitsgrade contrastirt die Beständigkeit der Grenzen, welche durch den unfehlbaren Reiz gemessen werden; um eine sichere Wirkung zu erzielen, brauchte, wie wir sahen, die Intensität des Inductionsstromes nicht zu wachsen, wenn auch der Umfang der Zuckung durch Muscarinvergiftung, oder die Grösse der Ladung durch Ermüdung abgenommen hatte. Die einzige, fast regelmässig wiederkehrende Verschiebung, welche die Grenzen des unfehlbaren Reizes und zwar in der Richtung nach den niedern Stromstärken hin erfuhren, trat ein, wenn die Herzspitze eine grössere Zahl von Schlägen in gleichen Intervallen ausgeführt hatte. Durch eine längere Ruhe nahm also die Empfänglichkeit ab, während sie durch eine Reihe von Zuckungen erhöht wurde. Durch diesen Umstand wird denn noch die folgende Betrachtung angeregt.

Die Reizung des n. vagus, die Umbindung des Vorhofs und die Vergiftung durch Muscarin rufen am unversehrten Herzen zwei Reihen von Erscheinungen hervor: den Ausfall von Contractionen und die Erniedrigung des Umfangs der erschienenen. Sind die beiden Veränderungen welche sie erzeugen auf dieselbe Ursache zurückzuführen? Der Ausfall der Zuckungen lässt sich auf zwei verschiedene Weisen erklären; entweder dadurch, dass die Empfänglichkeit der Muskelfaser für den Reiz geringer wird, so dass ein solcher, der bisher unfehlbar wirkte, auch ohne eine Abschwächung zu erleiden, nun in das Bereich der nur hinreichenden tritt, oder dadurch dass der Reiz selbst an seiner Stärke einbüsste. Da während der Muscarinvergiftung der Inductionsstrom, um als Reiz unfehlbar zu bleiben, nicht verstärkt werden musste, so gewinnt es den Anschein, als ob damit

für die zweite der genannten Möglichkeiten entschieden wäre. Ohne damit die Bedeutung dieser Erfahrung beeinträchtigen zu wollen, geben wir doch zu bedenken, dass der Inductionsstrom als Reiz mancherlei Eigenthümlichkeiten bietet, die es unstatthaft erscheinen lassen, ihn in dieser Eigenschaft ohne Weiteres dem natürlichen Herzreize an die Seite zu stellen, und ferner, dass in meinen Versuchen die Abstufung der Reize noch lange nicht auf das erreichbare Maass gebracht wurde.

4. Da die normale Herzspitze aus innerem Antriebe nie zuckt, so ist man berechtigt die Einrichtungen, von denen die innern Herzreize ausgehn in den Vorhof und die nächste Umgebung der Atrioventricularfurche zu verlegen. — Am delphinirten Herzen dagegen zeigt die Spitze Eigenzuckungen, die nicht bloss nach Energie und zeitlichem Ablauf, sondern auch dadurch den normalen Herzschlägen vollkommen gleichen, dass sie lange Zeit hindurch in mehr oder weniger regelmässiger Folge auftreten. Somit gewinnt es den Anschein, als ob die Herzspitze durch die Einverleibung einer spurweisen Menge von Delphinin in ein volles Herz umgewandelt sei. — Ob nun in der That die innern Reize, welche die delphinirte Herzspitze bewegen und die normalen, vom Vorhof ausgehenden identisch oder nicht identisch sind lässt sich nicht entscheiden. Wohl aber zeigt sich von Neuem, dass der Herzmuskel von dem gewöhnlichen quergestreiften wesentlich abweicht, da dieser während der Delphininvergiftung[1]) auf momentane Reize in einen lang dauernden Tetanus verfällt, aber von Eigenzuckungen Nichts sehen lässt.

1) *Weyland.* In *Eckhard's* Beiträgen. V. Bd. 1870. p. 54 u. 68.

Boston Public Library
Central Library, Copley Square

Division of
Reference and Research Services

The Date Due Card in the pocket indicates the date on or before which this book should be returned to the Library.

Please do not remove cards from this pocket.

BOSTON PUBLIC LIBRARY
3 9999 07941 145 8